

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Zhodnocení strojních časů s využitím CAM systému v
podniku Armatury Group a.s.

Evaluation of Machining Time using CAM System in the
Company Armatury Group a.s.

Student: Bc. Pavel Kubánek

Vedoucí diplomové práce: doc.Ing. Marek Sadílek, Ph.D.

Ostrava 2014

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Pavel Kubánek**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie

Specializace: 20 Strojírenská technologie

Téma: Zhodnocení strojních časů s využitím CAM systému v podniku
Armatury Group a.s.
Evaluation of Machining Time using CAM System in the Company
Armatury Group a.s.

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor sledování a výpočtu strojních časů ve společnosti Armatury Group a.s.
2. Návrh sledování strojních časů v technologickém procesu výroby.
3. Návrh výpočtu strojních časů v CAM systému.
4. Závěry pro realizaci v praxi.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] SADÍLEK, M. *CAM systémy v obrábění I. - II. doplněné vydání*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2010, 138 s., ISBN 978-80-248-2278-4.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. 256 s. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [3] AB SANDVIK COROMANT - SANDIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění - Kniha pro praktiky*. Překl. M. Kudela. 1. vyd. Praha : Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.

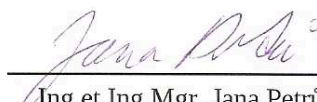
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Marek Sadílek, Ph.D.**

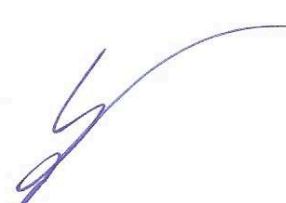
Konzultant diplomové práce: Jiří Benna

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014


Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 14.5.2014


.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě ...14.5.2014...


.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Pavel Kubánek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Záhumenní 52

Kravaře – Kouty

747 21

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KUBÁNEK, P. *Zhodnocení strojních časů s využitím CAM systému v podniku Armatury Group a.s. : diplomová práce.* Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2014, 55 s. Vedoucí práce: SADÍLEK, M.

Diplomová práce je zaměřena na porovnání strojních časů vypočtených z CAM systémů s časy, které byly naměřeny na obráběcích strojích. V teoretické části je popsán základní koncept CAM systémů, historie CAM systémů a jejich rozdělení, včetně popisu postprocesorů a tvorby průvodní dokumentace. V praktické části se práce zabývá analýzou naměřených a vypočtených strojních časů a návrhem různých opatření potřebných ke zpřesnění výpočtu strojního času. V poslední části je uvedeno jak tato opatření zavést do konkrétních CAM systémů.

ANOTATION OF THESIS

KUBÁNEK, P. *Evaluation of Machining Time using CAM System in the Company Armatury Group a.s.: Thesis.* Ostrava : VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Assembly, 2014, 55 p. Thesis head: SADÍLEK, M.

The thesis is focused on the comparison of the machine times, calculated from CAM systems with the times , which were measured on machines. The theoretical section of this thesis describes the basic concept of CAM systems, history of CAM systems and their division, including the description of postprocessors and the creation of concomitant documentation. In the practical part the thesis deals with the analysis of measured and calculated of the machine times and a proposition of various measures needed for specification of machine time calculation. The last section states how to implement these measures into CAM systems.

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	8
1 ÚVOD	9
2 SPOLEČNOST ARMATURY Group a.s.	10
3 CAM SYSTÉMY	11
3.1 ZÁKLADNÍ KONCEPT CAM	11
3.2 HISTORIE CAM SYSTÉMŮ	12
3.3 ROZDĚLENÍ CAM SYSTÉMŮ	13
3.3.1 MALÉ CAM SYSTÉMY	14
3.3.2 STŘEDNÍ CAM SYSTÉMY	14
3.3.3 VELKÉ CAM SYSTÉMY	14
4 POSTPROCESING.....	15
4.1 ROZDĚLENÍ POSTPROCESORU	16
5 TVORBA PRŮVODNÍ DOKUMENTACE.....	17
6 PŘEPOČÍTÁVACÍ KOEFICIENT	18
7 MĚŘENÍ STROJNÍHO ČASU U SOUSTRUŽENÍ	19
7.1 POPIS STROJE SKIQ 8 CNC.....	19
7.2 PRVNÍ MĚŘENÁ SOUČÁST U SOUSTRUŽENÍ	20
7.3 MĚŘENÍ STROJNÍHO ČASU PRVNÍ SOUČÁSTI	21
7.4 ANALÝZA MĚŘENÍ STROJNÍHO ČASU	23
7.5 NÁVRH OPATŘENÍ ZPŘESNĚNÍ VÝPOČTU STROJNÍHO ČASU.....	24
7.5.1 PŘEPOČÍTÁVACÍ KOEFICIENT	24
7.5.2 ZMĚNA ČASU VÝMĚNY NÁSTROJE.....	25
7.6 DRUHÁ MĚŘENÁ SOUČÁST U SOUSTRUŽENÍ.....	27
7.7 MĚŘENÍ STROJNÍHO ČASU DRUHÉ SOUČÁSTI	28
7.8 APLIKACE NÁVRHŮ ZPŘESNĚNÍ VÝPOČTU STROJNÍHO ČASU.....	30
7.8.1 ZMĚNA ČASU VÝMĚNY NÁSTROJE.....	30

7.8.2	POUŽITÍ PŘEPOČÍTÁVAJÍCÍCH KOEFICIENTŮ	30
8	MĚŘENÍ STROJNÍHO ČASU U FRÉZOVÁNÍ.....	33
8.1	POPIS STROJE TK 6511	33
8.2	MĚŘENÁ SOUČÁST U FRÉZOVÁNÍ.....	34
8.3	MĚŘENÍ STROJNÍHO ČASU ZVOLENÉ SOUČÁSTI.....	35
8.4	ANALÝZA MĚŘENÍ STROJNÍHO ČASU	37
8.5	NÁVRH OPATŘENÍ KE ZPŘESNĚNÍ VÝPOČTU STROJNÍHO ČASU ..	38
9	MONITOROVACÍ SYSTÉM STROJE	40
10	POZNATKY PRO PRAXI.....	46
10.1	ZMĚNA NASTAVENÍ ČASU VÝMĚNY NÁSTROJE V SYSTÉMU SURFCAM	46
10.2	ZMĚNA NASTAVENÍ ČASU VÝMĚNY NÁSTROJE V SYSTÉMU SOLIDCAM.....	47
10.3	VÝSTUPY Z MONITOROVACÍHO SYSTÉMU STROJE.....	48
11	ZÁVĚR.....	49
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	50
	SEZNAM PŘÍLOH.....	51
	SEZNAM OBRÁZKŮ	52
	SEZNAM TABULEK	53
	SEZNAM GRAFŮ.....	54

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Značení	Význam
CA	počítačem podporované systémy
CAD	počítačem podporovaný návrh
CAM	počítačem podporovaná výroba
CIM	výroba integrovaná počítačem
CNC	počítačem číslicově řízený
DNC	distribuční číslicové řízení
MMS	monitorovací systém stroje
NC	číslicově řízený
OEE	koeficient celkové efektivity zařízení
PC	počítačový

1 ÚVOD

V současnosti, kdy je konkurenční prostředí stále silnější, se jednotlivé výrobní podniky snaží při výběrových řízeních nabídnout zákazníkovi tu nejnižší cenu, jaké jsou při zachování požadované kvality schopné. K tomu, aby určili cenu výrobku, využívají moderní počítačové systémy. Jedním z hlavních kritérií určení ceny výrobku je doba, za kterou ho podnik dokáže vyrobit. K tomuto účelu většina firem používá CAM systémy.

Hlavním úkolem této práce je ve společnosti ARMATURY group a.s. naměřit strojní časy konkrétních výrobků, které jsou hlavními výrobními představiteli určitých strojů a porovnat je s časy vypočtenými z CAM systémů, dále pak vyhodnotit přesnost výpočtu strojního času ze systému Surfcam, který se v podniku používá pro soustružení, a systému Solidcam, který se používá pro frézování. Jestliže jsou rozdíly mezi naměřeným a vypočteným strojním časem větší než 5 minut, tak navrhnout taková opatření, aby se vypočtený strojní čas dostal do zadaného rozpětí. Tyto výsledky pomohou společnosti k určení výrobních norem a k určení ceny výrobku.

Po přečtení této práce by se měl čtenář orientovat v rozdělení, historii a základním konceptu CAM systémů, v postprocessingu a tvorbě průvodní dokumentace. Dále pak zjistí, jak, v čem a, proč se liší naměřené strojní časy s vypočtenými, včetně návrhu opatření ke zpřesnění výpočtu strojního času.

Cíle diplomové práce:

- popsat CAM systémy (koncept, historie, rozdělení), postprocessing a tvorbu průvodní dokumentace,
- naměřit skutečné strojní časy vybraných součástí,
- porovnat vypočtené strojní časy z CAM systémů s naměřenými,
- navrhnout potřebná opatření ke zpřesnění výpočtu strojního času,
- popsat monitorovací systém stroje,
- zavádění navržených opatření na zpřesnění strojního času do praxe.

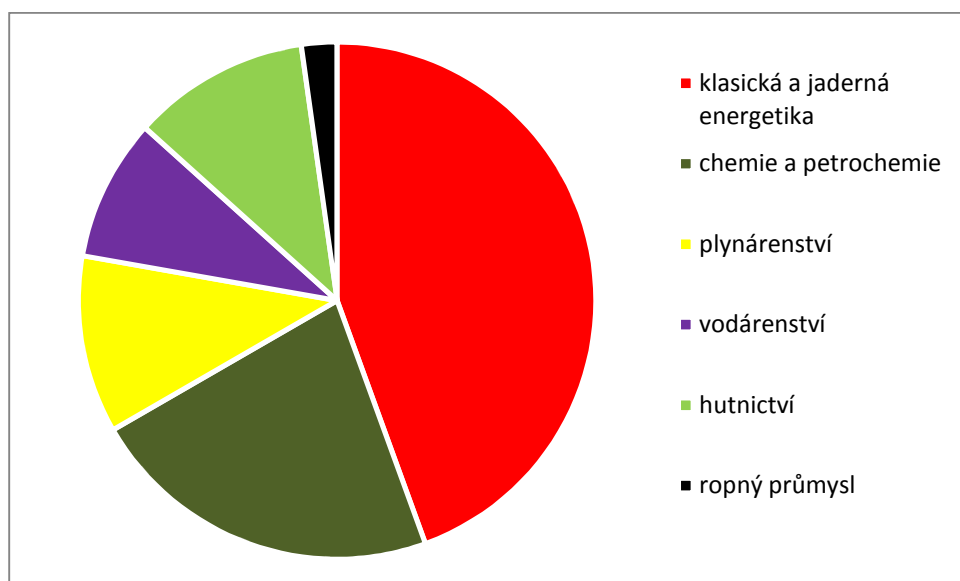
2 SPOLEČNOST ARMATURY Group a.s.

Společnost ARMATURY Group a.s. je významný český výrobce průmyslových armatur, dodavatel potrubí a příslušenství a poskytovatel servisních služeb a poradenství. Stále větší význam představují kompletace dodávek armatur a potrubí do vyšších technologických celků.

Nezastupitelné místo v nabízeném sortimentu mají speciální armatury používané v nejnáročnějších provozních podmínkách. Zkušenosti z provozu těchto armatur firma využívá při vývoji a výrobě běžného sortimentu.

V současnosti firma reálně obsluhuje 40 % domácího trhu s průmyslovými armaturami. Roční produkce činí zhruba 80 tisíc armatur a 500 tisíc položek potrubí a příslušenství. Více než 55 % této produkce směřuje ke koncovým zákazníkům do 60 zemí světa.

Graf 1 Oblast působení společnosti ARMATURY Group a.s.



3 CAM SYSTÉMY

Neustálý konkurenční tlak ve strojírenském průmyslu vyvíjí tlak na konstruktéry a technology tak, že se musí potýkat s novými problémy a pracovat na nových řešeních. Zlepšení kvality, rychlá změna výrobního programu, zlepšení drsnosti povrchu, zkrácení výrobních časů a jiné nutné změny, to je jen několik málo aspektů, které se musí vyřešit. Řešením takto složitých situací, které se velmi často objevují v praxi, je použití integrované výroby počítačem (CIM) a s ním související CAD/CAM systémy. [1]

3.1 ZÁKLADNÍ KONCEPT CAM

CAM (Computer Aided Manufacturing) = počítačem podporovaná výroba.

Pod pojmem počítačem podporované systémy si hodně lidí představí počítačové systémy, které slouží na kreslení, navrhování a 3D modelování součástek. To znamená ty systémy, které se označují jako systémy CAD (Computer Aided Design = počítačem podporovaný návrh). I když jsou ostatní systémy často závislé na údajích, které musí být zpracované a připravené v CAD systémech, význam dalších CA systémů navazujících na CAD systémy je velký. Je zřejmé, že maximální přínos pro strojírenský podnik přináší jen komplexní aplikace systémů počítačové podpory ve všech činnostech spojených s realizací výrobku, jako je návrh a dimenzování součástek, také návrh technologie výroby, návrh pracovišť, návrh výrobních nástrojů a přípravků, realizace samotné výroby a následná kontrola a řízení kvality výroby. [2]

CAM je systém, který připravuje data a programy pro řízení NC strojů pro automatickou výrobu součástí. Tento systém využívá geometrické a další informace vytvořené ve fázi návrhu v systémech CAD. V užším pojetí představuje automatizované operativní řízení výroby na dílenské úrovni a zahrnuje také automatický sběr dat o reálném stavu výrobního procesu, NC výrobní systémy, automatické dopravníky a automatické sklady. [1,3]

Produkty tohoto charakteru umožňují simulovat sled technologických operací při obrábění výrobku. Simulují pohyby jednotlivých nástrojů v nejrůznějších technologiích obrábění, např. soustružení, frézování, vrtání, obrábění laserem, elektroerosivní obrábění, obrábění vodním paprskem atd.. Po ověření, odsimulování a odzkoušení bezpečného chodu výroby součásti je tímto systémem vygenerován program pro řízení NC, CNC strojů. [1]

CAM jako koncept automatizace a počítačové podpory výrobních procesů je dost rozsáhlý. Obsahuje veškeré činnosti spojené bezprostředně s výrobním procesem, přičemž k hlavním činnostem patří [4]:

- řízení vstupů do výroby,
- rozvrhování výroby,
- sběr výrobních údajů,
- monitorování průběhu výroby,
- DNC, CNC a NC řízení,
- NC a CNC výrobní stroje,
- roboty a manipulátory,
- pružné dopravní systémy,
- výrobní buňky a pružné výrobní systémy,
- nástrojové hospodářství apod.

3.2 HISTORIE CAM SYSTÉMŮ

CAM vznikl jako mladší bratr CAD v sedmdesátých letech. Může být popisován jako využití počítačových systémů pro přípravu a řízení operací ve výrobním procesu. V roce 1961 firma Boeing zavedla do výroby první numericky řízený stroj (NC). Děrné pásky nebo štítky pro uložení dat se používaly téměř bez výjimky. Jen ve zcela výjimečných případech se v útrobách řídicí jednotky stroje ukrývala feritová paměť. Zavedení počítačem řízených obráběcích strojů (CNC) do výrobního procesu znamenalo zvýšení jejich flexibility a zkrácení doby využití na seřízení stroje. Hlavním přínosem takového stroje je minimální zmetkovitost při podstatně vyšší produktivitě práce. Převážné uplatnění takovýchto strojů je v malosériové až kusové výrobě. Ve velkosériové a hromadné výrobě se z ekonomických důvodů používali a stále se dodnes používají vačkové automaty (např. výroba šroubů). [1]

V průběhu 70. let minulého století bylo vyvinuto několik systémů pro podporu návrhu. Během jejich provozu se začaly projevovat zásadní odlišnosti v kvalitě provedení a flexibilitě. Z tohoto důvodu některé zanikly. Naopak ty systémy, které se dokázaly udržet, našly své využití i mimo oblast vývojových pracovišť. [1]

Počátky 80. let byly charakteristické nástupem velkých společností (např. Unix), které začaly vyrábět náročné, velmi komplexní softwarové systémy na úkor starších systémů. Došlo také k velkému průlomu technologií podpory návrhu a výroby, především díky velkému rozvoji CNC strojů, které začaly efektivně využívat CAD data z oblasti návrhu. Postupným prolínáním obou systémů vznikly první CAD/CAM systémy. Jedna z

nejvýznamnějších společností, která investovala do rozvoje CAD/CAM systémů, byla společnost Computervision, která zaujímala dominantní postavení v leteckém a automobilovém průmyslu. [1]

Z počátku 90. let minulého století vyrazila do popředí pětice společností produkujících výkonnostně a cenově blízké systémy pracující pod Unixem, čtyři americké (Electronic Data Systems, Unigraphics, Strategic Directions in Computing Research, Parametric Technology Corporation) a dvě francouzské (Marta Datavision, Dassault Systems). Tyto společnosti produkovaly systémy výhradě pro strojírenství a v oblasti velkých CAD/CAM systémů dominují dodnes. [1]

Zajímavé je, že se program ještě nedávno (někde doposud) nahrával do stroje děrnou páskou. Důvodem nepoužívání disket anebo harddisků byla špatná spolehlivost těchto médií ve výrobních podmínkách (prašnost, silná střídavá elektromagnetická pole, obsluha s nečistýma rukama vkládající disketu do mechaniky, apod.). Pro harddisk znamená také rychlou zkázu chvění a vibrace obráběcího stroje. Program na děrné pásce se stočil do ruličky, opatřil etiketou a uložil do prosklené skříňky sloužící jako archiv. Dnes jsou stroje stále více závislé na podnikové počítačové síti. Data se fyzicky vyskytují odděleně od stroje.

Hotový výrobek se musí rychle certifikovaným způsobem změřit, a to v současné době řeší počítačem řízený tří souřadnicový měřicí stroj na přesné snímání prostorových souřadnic. Tento stroj přejímá přímo konstruktérova data v podobě průmyslového 3D standardu (nejčastěji IGES, VDA). Počítač vyhodnotí rozměrové odchylky proti modelu a obsluha obráběcího stroje na základě protokolu udělá korekci rozměrů. Stále více se zkracuje vzdálenost od okamžiku návrhu k hotovému výrobku. [1]

3.3 ROZDĚLENÍ CAM SYSTÉMŮ

Rozdělení CAM systému je v podstatě podobné jako u systému CAD. CAM systémy můžeme dělit podle několika kritérií. Hlediska dělení mohou být různá, a to např. podle ceny, podle použití nebo podle podpory ze strany výrobce daného software. CAM systémy mohou být rozlišovány dle velikosti systému. Velikosti systému myslíme konkrétní využití dané aplikace (množství doplňků nadstavby, obráběcích operací atd.). [1]

Podle úrovně systémů a na základě ceny lze CAM systémy rozdělit na:

- malé CAM systémy,
- střední CAM systémy,
- velké CAM systémy.

3.3.1 MALÉ CAM SYSTÉMY

Do této skupiny patří systémy s malou počítačovou podporou konstruování, která nepřesahuje hranici 2D zobrazování a slouží jen jako elektronické rýsovací desky. Z hardwarového hlediska nevyžadují náročné počítače a jejich ovládání je většinou velmi jednoduché. [1]

Malé CAM systémy umožňují programovat dráhu nástroje na základě kontur definovaných pomocí základních geometrických entit (přímka, kruh, bod). Programování je možné provádět ve 2D a 2.5D, podobně jako u ručního způsobu. K ověření procesu obrábění se používá jednoduchá simulace. Představitelem malého CAM systému je systém Kovoprog. [1]

3.3.2 STŘEDNÍ CAM SYSTÉMY

Střední CAM systémy jsou většinou zaměřeny pouze na oblast CAM, i když v poslední době se výrobci těchto softwarů snaží pojmout i oblast CAD. Střední systémy umožňují programovat dráhu nástroje na základě předem nadefinovaných kontur a ploch. Programování dráhy nástroje je možné provádět ve 2D, 2.5D, 3D i ve více osách. Modely předem vytvořené v jiných CAD systémech lze do těchto systémů importovat přes rozhraní IGES, VDA a dalších. Představitelé středních CAM systémů jsou AlphaCAM, EdgeCAM, MasterCAM, SolidCAM atd. [1]

3.3.3 VELKÉ CAM SYSTÉMY

Velké systémy jsou zaměřeny na oblast kompletních CAD/CAM systémů. Zabývají se jak vytvářením modelů – konstrukcí, tak i přípravou NC programů – technologií. Na rozdíl od středních systémů mohou vytvářet a zpracovávat složitější plochy. Tak jako u středních CAM systémů vytvářejí NC programy i pro víceosé obrábění. Simulace ve fotorealistickém režimu a verifikace procesu obrábění je zde samozřejmostí. [1]

4 POSTPROCESSING

V současnosti se díky využití různých CAD/CAM systémů podařilo výrazným způsobem zvýšit produktivitu předvýrobních operací. CAD/CAM systémy bezpochyby umožnily kvalitativní skok v řešení mnoha technických problémů využitím povrchových, objemových modelářů a dalších problémově zaměřených subsystémů, zlepšily řešení různých speciálních problémů, např. v odvětví parních turbin při výrobě a konstrukci turbinových lopatek atd. Abychom mohli vygenerovat NC kódy v CAD/CAM systémech, musíme použít programové moduly tzv. postprocesory. [5]

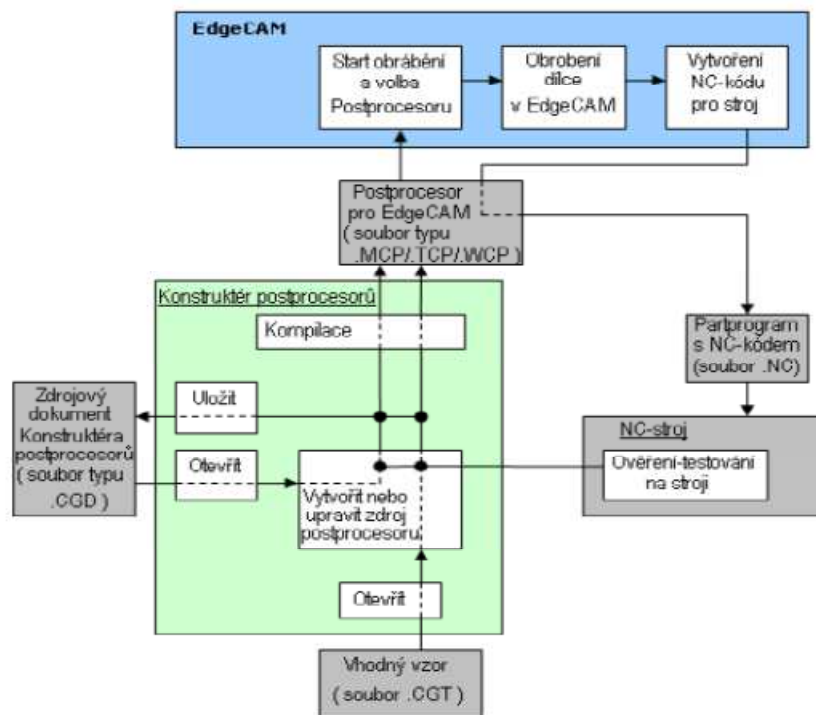
Kvalitní CAM systém se nemůže obejít bez kvalitního postprocesoru. Co je vlastně postprocessor? Jednoduše řečeno, jde o překlad INC souborů (tedy již vygenerovaných drah nástroje) do řeči srozumitelné příslušnému řídicímu systému obráběcího stroje. Ve světě i u nás je mnoho řídicích systémů, včetně jejich nejrozličnějších variant. Požadavky na postprocessing tedy vycházejí vždy od konkrétně použitého stroje. [1,6]

Jinak řečeno, po dokončení tvorby všech obráběcích cyklů a po bezkolizové simulace obrábění se vygeneruje NC kód. Toto se děje vyvoláním příslušné nabídky - tvorby NC programu, avšak za předpokladu, že je nastaven právě příslušný postprocessor. Pro vytvoření NC kódu použije CAM systém generátor NC kódu, který převede vytvořený technologický postup do instrukcí daného stroje a řídicího systému. [1]

Uživatel má v podstatě tři způsoby jak postprocesor získat[1]:

- objednání postprocesoru „na míru“ u odborné firmy (většinou firmy distribuující CAM systém),
- vyhledání v databázi existujících zákaznických postprocesorů CAM systému svého prodejce a porovnávat, který z nich v jeho podmínkách bude bezchybně pracovat,
- vytvoření vlastního postprocesoru.

Ne v každém případě máme možnost mít k dispozici požadovanou kombinaci obráběcího stroje a řídicího systému. Proto mají CAD/CAM systémy generátory postprocesorů, které můžou vytvořit další možnosti postprocesorů. Zvládnutí této problematiky umožňuje produkovat postprocesory pro různé kombinace řídicího systému a obráběcího stroje, ale také postprocesory, které mají určité funkce (např. kontrolu životnosti nástroje během obrábění). [6]



Obr. 1 Průběh vytvoření postprocesoru a jeho vazeb [1]

4.1 ROZDĚLENÍ POSTPROCESORU

Rozdělení postprocesoru lze popsat podle více kritérií: [1]

- podle počtu os, pro které se generuje současný pohyb nástroje:
 - jednoosé,
 - dvouosé,
 - trojosé, atd.
- podle počtu řídicích systému pro které se generuje NC program,
- podle typu generovaných NC dat (diskrétní a “splinové” postprocesory).

Další možné rozdělení postprocesorů:

- adaptivní,
- neadaptivní,
- parametrické,
- nparametrické.

5 TVORBA PRŮVODNÍ DOKUMENTACE

CAM systémy nabízí tvorbu tzv. průvodní dokumentace. Tato dokumentace slouží operátorovi CNC stroje pro získání informací o řídicím programu vloženém do řídicího systému obráběcího stroje, dále pak pro lepší orientaci ve vytvořeném NC programu. Průvodní dokumentace je určena také pro sledování stavu zakázek, materiálů, nástrojů apod., dále pak pro obchodní a dodavatelské subjekty, kteří se chtějí nějakým způsobem podílet na vytvořeném pracovním postupu (sledovat stav zakázky, odsouhlasit vytvořený pracovní postup apod. [1])

V průvodní dokumentaci lze nalézt např. tyto informace[1]:

- kdo NC program vytvořil,
- kdo vytvořil model součásti,
- kdo schválil zakázku,
- popis zakázky,
- použité nástroje (popis nástrojů, pozice),
- čas obrábění,
- ustavení obrobku,
- materiál obrobku,
- použité strategie – možný grafický náhled,
- kde jsou jednotlivé soubory umístěny a pod jakým názvem (NC program, CAM soubor, model, polotovár) apod.

Průvodní dokumentaci lze jednoduše vytisknout a předat operátorovi NC stroje, nebo ji (v případě partnerských subjektů) poslat (mailem). Výhodou je, že tito partneři nemusí vlastnit licence CAM systému, protože průvodní dokumentaci lze uložit do běžně spustitelných souborů (*.txt, *.htm, *.doc, apod.). [1]

6 PŘEPOČÍTÁVACÍ KOEFICIENT

Při plánování výroby většina firem naráží na problém odhadů časů obrábění na CNC stroji. Standardní hodnoty, které nabízí HTML dokumentace, nejsou přesné a mnohdy jsou zavádějící, protože CAM systém předpokládá obrábění ve všech částech programu zadaným posuvem. Reálně však stroj díky načítání řádků programu vlastním systémem v některých částech obrábění zpomaluje. V praxi se většinou tento výsledný čas násobí koeficientem, který pak udává přesnější čas. Reálně zde však opět nelze hovořit o korektním odhadu, neboť každá operace obrábění se chová jinak a tudíž jednoduchý koeficient je pouze přibližný. [7]

Jelikož firmy potřebují přesnější časy obrábění, které využívají při plánování časů pro jednotlivé CNC stroje, je potřeba zjistit přepočítávací koeficienty pro jednotlivé skupiny operací obrábění. Na základě těchto podkladů lze upravit výstupní formát HTML dokumentace, kde jsou uvedené strojní časy už po přepočtu s koeficientem. [7]

Tabulka 1 Příklad přepočítávacích koeficientů [7]

č	Strategie dráha nástroje	NC čas koeficient	Koeficient času
1	Globální hrub./dohrub.	00:28:50	1,40
2	Globální hrub./dohrub.	02:36:07	2,40
3	Dokončování Z-kon.	00:09:22	1,14
4	Optim. Z-kon	00:44:21	1,14
5	Dokončování kop.	00:48:25	1,13
6	Optim. kop	00:05:41	1,13
7	Dokončování rovinných ploch	00:22:30	1,39
8	Mezi dvěma křivkami	00:02:50	1,44
9	Podél křivky 3D	00:04:33	1,08
10	Zbyt. Mat. kontura	00:00:24	1,07
11	Tangentně ke křivce	00:00:26	1,20

7 MĚŘENÍ STROJNÍHO ČASU U SOUSTRUŽENÍ

7.1 POPIS STROJE SKIQ 8 CNC

Měření strojního času bude prováděno na stroji SKIQ 8 CNC (Obr.2). Jedná se o CNC svislý soustruh s řídicím systémem SINUMERIC. Tato frézka je součástí strojního parku společnosti ARMATURY Group a.s. Hlavní technické parametry stroje SKIQ 8 CNC uvádí tabulka 2.

Tabulka 2 Parametry stroje SKIQ 8 CNC

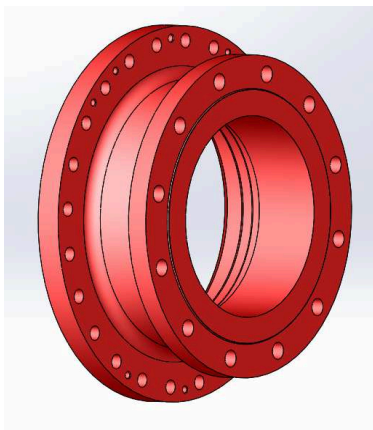
parametr	hodnota	jednotka
upínací stůl	Ø 800	[mm]
max. točný průměr	Ø 1000	[mm]
zdvih smýkadla	630	[mm]
počet nástrojů v zásobníku	15	[ks]
spodní plocha držáku nad upínací deskou	640	[mm]
průřez smýkadla	200x180	[mm]
pohyb příčnicku od středu upínací desky	80 – 625	[mm]
výška obrobku na upínací desce	720	[mm]
max. kroutící moment	12323	[N.m]
max. váha obrobku	2500	[kg]
max. řezná síla	44	[kN]
otáčky I.řada	2,5 – 100	[ot/min]
II.řada	100 – 400	[ot/min]
výkon motoru	40	[kW]



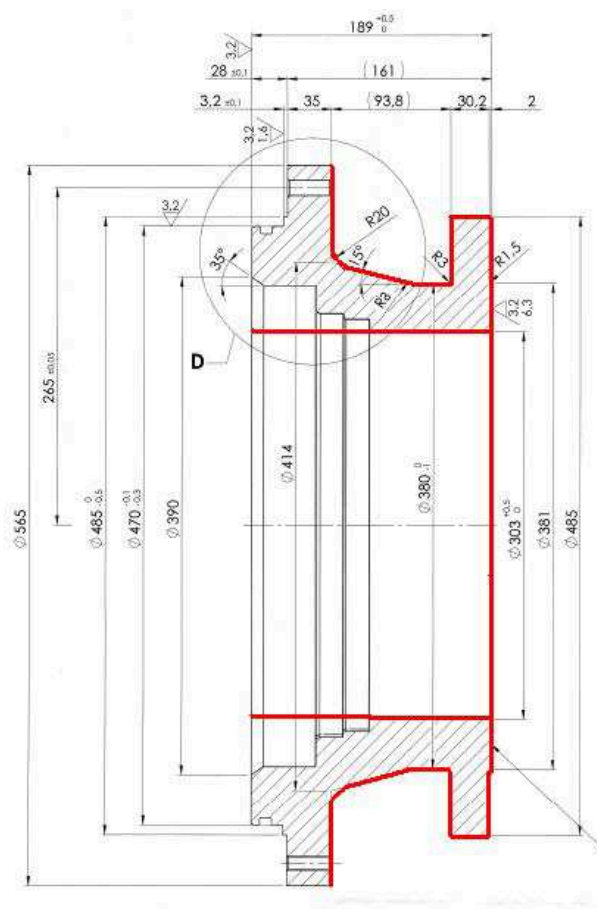
Obr. 2 Stroj SKIQ 8 CNC

7.2 PRVNÍ MĚŘENÁ SOUČÁST U SOUSTRUŽENÍ

Pro měření byla vybrána součást přírubové víko tělesa (Obr.3). Jde o jednoho z hlavních výrobních představitelů na stroji SKIQ 8 CNC. Výsledky tohoto měření budou použity k návrhu zpřesnění vypočtených časů pomocí systému Surfcam. Technická dokumentace této součásti je k dispozici v příloze A. Na tomto víku se bude zhotovovat vnější Ø381, Ø485, vybraní Ø380 a vnitřní Ø303 (Obr.4).



Obr. 3 Přírubové víko tělesa

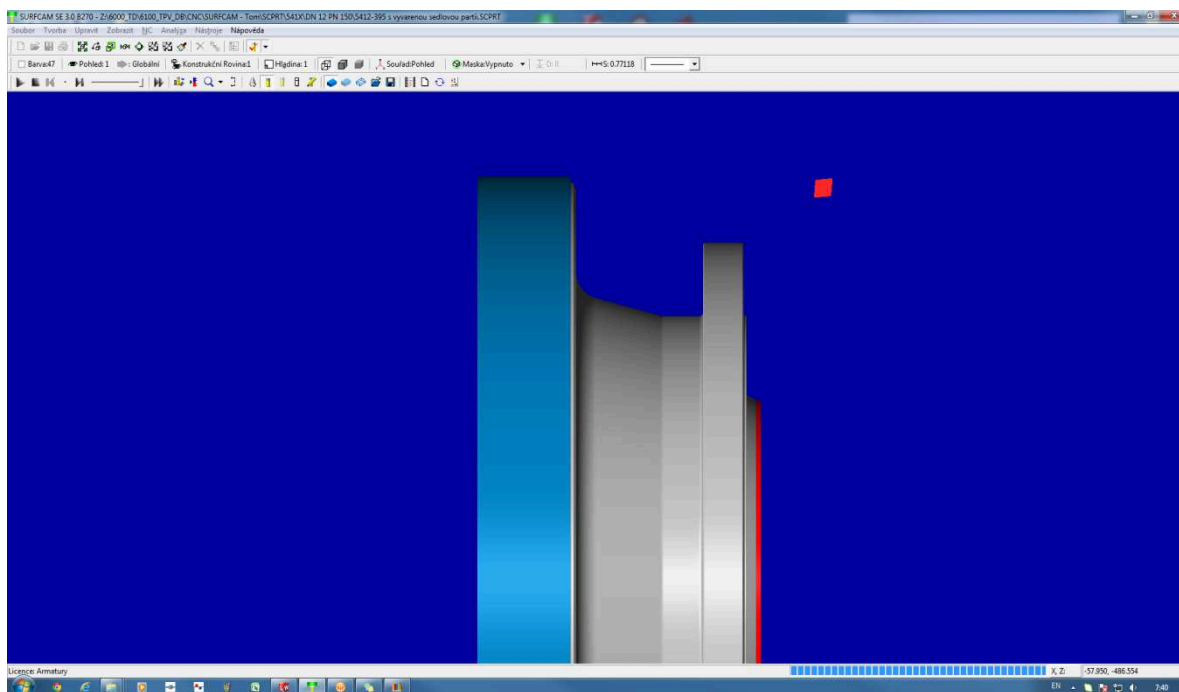


Obr. 4 Obráběné plochy 1. měřené součásti soustružení

7.3 MĚŘENÍ STROJNÍHO ČASU PRVNÍ SOUČÁSTI

Cílem tohoto měření je zjistit skutečný strojní čas výroby víka tělesa. Konkrétně zhotovení jedné strany víka, a to vnějších průměrů Ø381, Ø485, vybrání Ø380 a vnitřního Ø303 (Obr.4). Měření bude prováděno ručně pomocí stopek. Výsledný čas je pouze strojní. To znamená, že obsahuje pouze čas od začátku do konce programu a neobsahuje časy upnutí, konečné kontroly atd. Všechny časy jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3 obsahuje také vypočtené časy ze systému Surfcam, který se používá ve společnosti ARMATURY Group a.s.. Tyto časy byly zjištěny po vygenerování průvodní dokumentace ze systému Surfcam, která je k dispozici v příloze B.



Obr. 5 Simulace obrábění 1. měřené součásti

Tabulka 3 Naměřené a vypočtené strojní časy 1. součásti u soustružení

popis úseku	naměřené hodnoty [h:min:sec]	vypočtené hodnoty pomocí Surfcam [h:min:sec]	rozdíl [h:min:sec]
výměna nástroje	0:00:20	0:02:00	-0:01:40
zarovnání čela L200	0:05:31	0:04:11	0:01:20
výměna nástroje	0:00:35	0:02:00	-0:01:25
hrubování. Ø485	0:17:45	0:16:53	0:00:52
výměna nástroje	0:00:20	0:02:00	-0:01:40
1 hrub. vybrání Ø380	0:10:33	0:09:34	0:00:59
výměna nástroje	0:00:30	0:02:00	-0:01:30
dokončení 1 hrub. vybrání Ø380	0:03:38	0:03:09	0:00:29
výměna nástroje	0:00:17	0:02:00	-0:01:43
2 hrub. vybrání Ø380	0:08:17	0:07:45	0:00:32
výměna nástroje	0:00:18	0:02:00	-0:01:42
dokončení 2 hrub. vybrání Ø380	0:02:17	0:01:55	0:00:22
výměna nástroje	0:00:19	0:02:00	-0:01:41
hrub. vnitřního Ø303	0:05:29	0:03:42	0:01:47
výměna nástroje	0:00:10	0:02:00	-0:01:50
dokončení nákržku a povrchu příruby	0:03:43	0:03:26	0:00:17
výměna nástroje	0:00:20	0:02:00	-0:01:40
dokončení čela lišty na 199,5	0:00:37	0:00:30	0:00:07
výměna nástroje	0:00:16	0:02:00	-0:01:44
sražení hrany	0:00:23	0:00:06	0:00:17
výměna nástroje	0:00:11	0:02:00	-0:01:49
dokončení horní části vybrání	0:01:53	0:01:23	0:00:30
Výměna nástroje	0:00:12	0:02:00	-0:01:48
dokončení dolní části vybrání	0:02:08	0:01:52	0:00:16
celkem	1:06:02	1:18:26	-0:12:24

Z tabulky 3 je patrné, že strojní časy jednotlivých úseků jsou ve skutečnosti delší než časy vypočtené se systému Surfcam, a časy výměn nástroje jsou naopak kratší, než je nastavený čas v systému Surfcam. Tento problém se bude řešit v nadcházejících kapitolách.

7.4 ANALÝZA MĚŘENÍ STROJNÍHO ČASU

V této podkapitole bude popsána analýza naměřených strojních časů a vypočtených pomocí systému Surfcam. Pro zlepšení přesnosti byly strojní časy a časy výměn nástroje rozděleny a budou se posuzovat zvlášť.

Tabulka 4 Porovnání časů výměn nástrojů u 1. součásti soustružení

	naměřené časy [h:min:sec]	vypočtené časy pomocí Surfcam [h:min:sec]	rozdíl [h:min:sec]
celkový čas výměn	0:03:49	0:24:00	-0:20:11
průměrný čas výměny	0:00:19	0:02:00	-0:01:41

Z tabulky 4 je zřejmé, že naměřený čas výměny nástroje se velice liší od času, který je nastaven v systému Surfcam a to tak, že ve skutečnosti je výměna nástrojů v průměru o 1 minutu a 41 vteřin rychlejší na jednu výměnu a o 20 minut a 11 vteřin rychlejší po součtu všech výměn.

Po dotazu na programátory ze společnosti ARMATURY Group a.s, proč je výměna nástroje nastavena na 2 minuty, když je evidentní, že při automatické výměně nástroje je samotná výměna daleko kratší, bylo sděleno, že toto nastavení je z důvodu dlouhodobého porovnávání časů z výroby a vypočtených z CAM systému. Takže toto nastavení kompenzuje kratší časy, které Surfcam vypočítává na samotné obrábění. Toto nastavení může velice efektivně zpřesnit výpočty samotného systému, avšak při kratší době obrábění a vysokém počtu výměn může tato metoda navýšit konečný čas až o desítky minut viz. tabulka 5.

Tabulka 5 Celkový strojní čas 1. Součásti soustružení

	naměřený strojní čas [h:min:sec]	vypočtený strojní čas pomocí Surfcam [h:min:sec]	rozdíl [h:min:sec]
celkový strojní čas s výměnou nástrojů	1:06:02	1:18:26	-0:12:24
celkový strojní čas bez výměny nástrojů	1:02:14	0:54:26	0:07:48

Tabulka 5 znázorňuje celkový strojní čas s výměnou a bez výměny nástrojů. Můžeme si všimnout, že zatímco s výměnou nástrojů je vypočtený strojní čas delší než naměřený, a to o 12 minut a 24 vteřin, tak bez výměny nástrojů je kratší o 7 minut a 48 vteřin. V následujících kapitolách bude uvedeno jak upravit vypočtený strojní čas i s výměnou nástroje tak, aby byl co nejbližší času skutečnému.

7.5 NÁVRH OPATŘENÍ ZPŘESNĚNÍ VÝPOČTU STROJNÍHO ČASU

Z předchozích kapitol je zřejmé, že se naměřený a vypočítaný strojní čas v určitých ohledech liší, proto se musí přistoupit k jistým opatřením, aby se rozdíl mezi časy co nejméně lišil. Tato podkapitola se tedy bude zabývat návrhy zpřesnění výpočtu strojního času. Ve společnosti ARMATUY Group a.s. je výroba převážně kusová v sériích po 1-6 kusech. Z tohoto důvodu budou navržena taková opatření, aby celkový rozdíl časů nepřekročil 5 minut.

Příčin, proč se skutečný strojní čas liší od vypočteného, je celá řada. Jednou z nich může být, že CAM systém předpokládá obrábění ve všech částech programu zadaným posuvem. Reálně však stroj díky načítání řádků programu vlastním systémem v některých částech obrábění zpomaluje. Dalším může být zásah obsluhy do řezných podmínek z důvodu nerovnoměrného přídavku na obrábění, zvláště je-li polotovár výkovek. Ve společnosti ARMATURY group a.s. se používají stejné programy jak pro stroj SKIQ 16 CNC, tak pro stroj SKIQ 8 CNC, problém je v tom, že stroj SKIQ 16 CNC je výkonnější než SKIQ 8 CNC, proto musí obsluha stroje změnit řezné podmínky, aby nedošlo k poškození nástroje, nebo samotného stroje, čímž se výsledný strojní čas může o několik minut protáhnout.

7.5.1 PŘEPOČÍTÁVACÍ KOEFICIENT

Jednou z možností zpřesnění výpočtu strojního času je určit přepočítávací koeficienty, a to buď jeden pro celou součást, nebo pro jednotlivé úseky obrábění. Jeden přepočítávací koeficient je méně přesný, proto by se měl použít pouze na součásti podobného tvaru, na něž jsou použity stejné operace obrábění. V tabulce 3 je uvedena doba všech obráběcích úseků, tyto data použijeme pro výpočet koeficientů jednotlivých úseků. Tyto úseky rozdělíme na podobné operace, jako je zarovnání čela, podélné hrubování, hrubování zápichu atd.. Přepočítávací koeficient se určí pomocí vzorce (7.1)

$$k_{pr} = \frac{t_{naměř}}{t_{vypoč}} \dots\dots\dots(7.1)$$

k_{pr} = přepočítávací koeficient [-]

$t_{naměř}$ = naměřený čas úseku [min]

$t_{vypoč}$ = vypočítaný čas z CAM systému [min]

Jako příklad výpočtu koeficientu je zde uveden příklad zarovnání čela. Všechny ostatní výpočty koeficientů jsou uvedeny v příloze C. Jednotlivé koeficienty pak v tabulce 6.

$$k_{pr} = \frac{t_{naměř}}{t_{vypoč}} = \frac{5,52}{4,18} = 1,32 [-]$$

Tabulka 6 Přepočítávací koeficienty

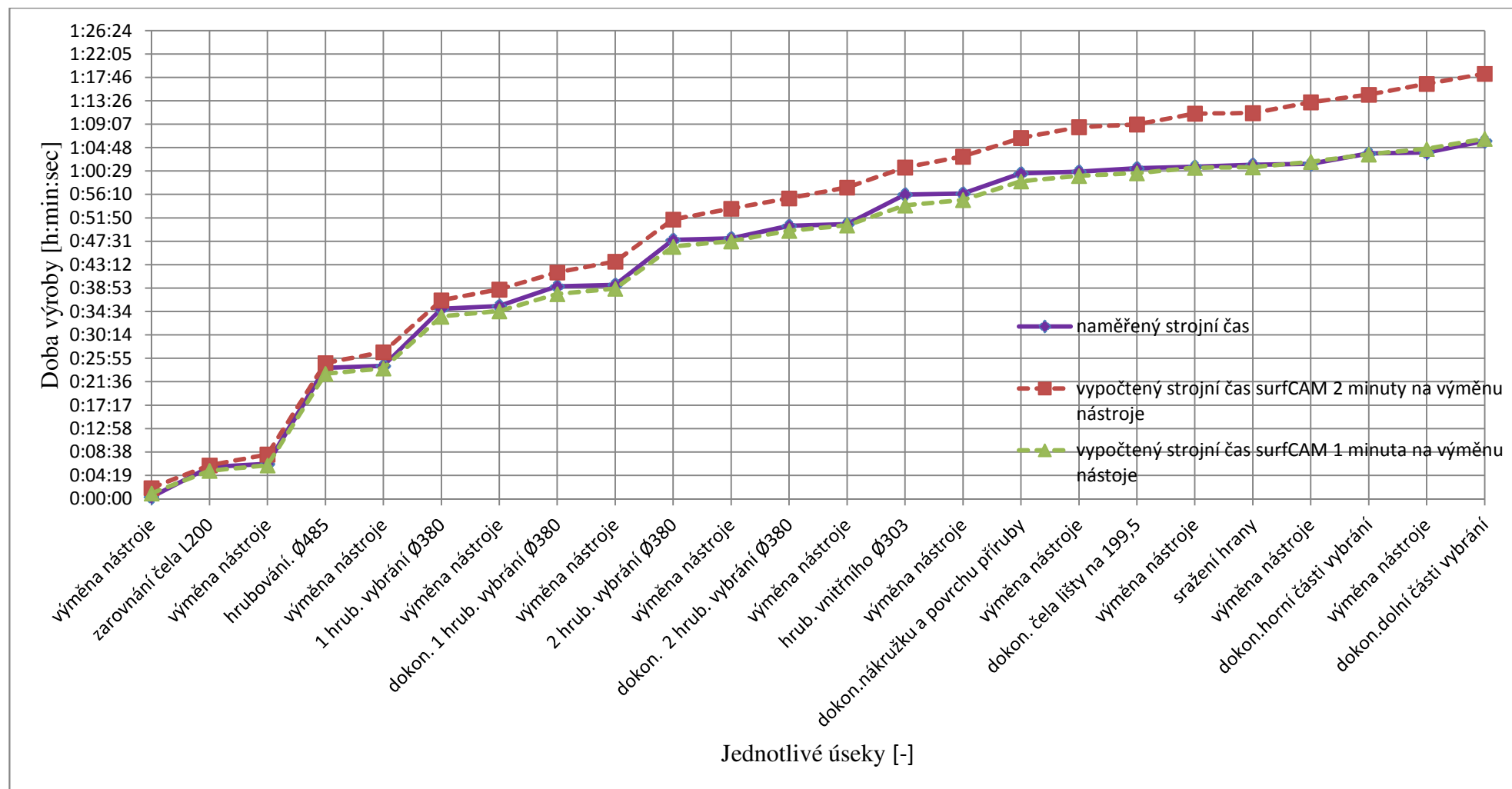
strategie, dráha nástroje	přepočítávací koeficient
zarovnání (hrubování) čela	1,32
podélné hrubování	1,05
hrubování zápichů	1,09
globální dohrubování	1,17
vnitřní podélné hrubování	1,48
globální hrubování	1,22
sražení hrany	3,83
dokončení čelní, podélné	1,16
dokončení zápichu	1,25
celkový koeficient	1,14

Pomocí těchto koeficientů lze velmi zpřesnit vypočtený strojní čas. Současně se však musí nastavit čas výměny nástroje na průměrně naměřených 19 vteřin.

7.5.2 ZMĚNA ČASU VÝMĚNY NÁSTROJE

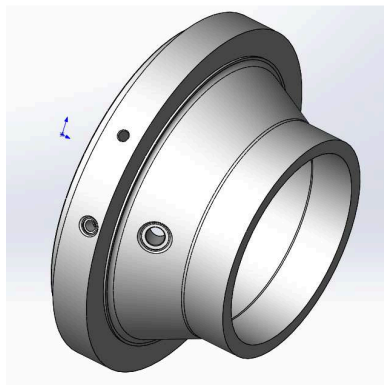
Další z možností zpřesnění výpočtu strojního času je změna času výměny nástroje. V grafu 2 na následující straně lze vidět, že nastavení 120 vteřin na jednu výměnu nástroje velmi dobře kompenzuje kratší vypočtený čas na obrábění až do 1. hrubování vybrání Ø380, což je 0:35:04 min. výroby, ale dále se rozdíl mezi naměřeným a vypočteným časem zvyšuje. Z tohoto důvodu je doporučeno pro součásti s celkovým trváním výroby do 35 minut a 0-4 výměnami ponechat 120 vteřin na výměnu nástroje. Pro součásti s celkovým trváním výroby od 36 do 90 minut a 5-13 výměnami se doporučuje změnit dobu výměny nástroje na 1 minutu. Toto nastavení nám velice dobře pokryje rozdílné časy. Pokud není vyráběná součást v určených rozmezích, doporučuje se použití přepočítávacích koeficientů.

Graf 2 Porovnání naměřených a vypočtených časů u 1. součásti soustružení

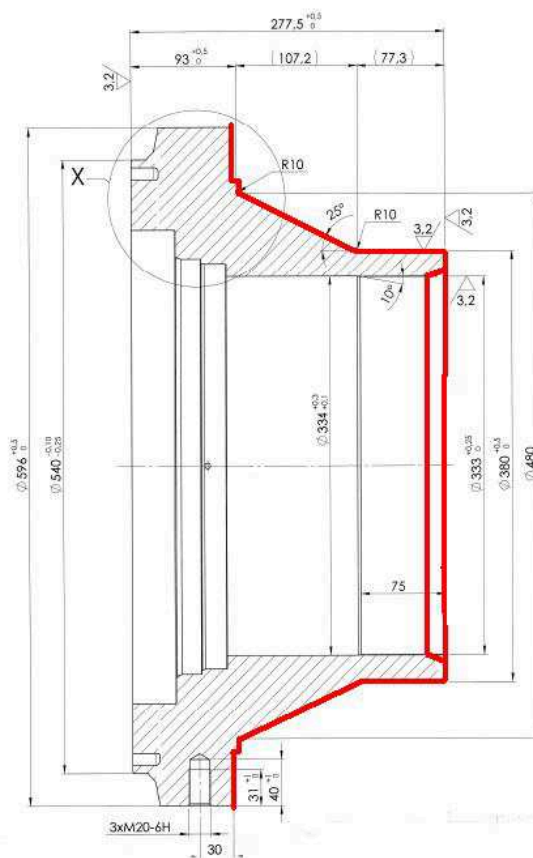


7.6 DRUHÁ MĚŘENÁ SOUČÁST U SOUSTRUŽENÍ

Pro měření byla vybrána součást přivařovací víko tělesa (Obr.6). Jde o jednoho z hlavních výrobních představitelů na stroji SKIQ 8 CNC. Naměřené výsledky z této součásti se použijí pro uplatnění návrhu zpřesnění vypočtených časů z předešle podkapitoly. Technická dokumentace této součásti je k dispozici v příloze D. Na tomto víku se bude zhotovovat vnější Ø502, Ø480, Ø380 a sražení vnitřní hrany (Obr.7)



Obr. 6 Přivařovací víko tělesa

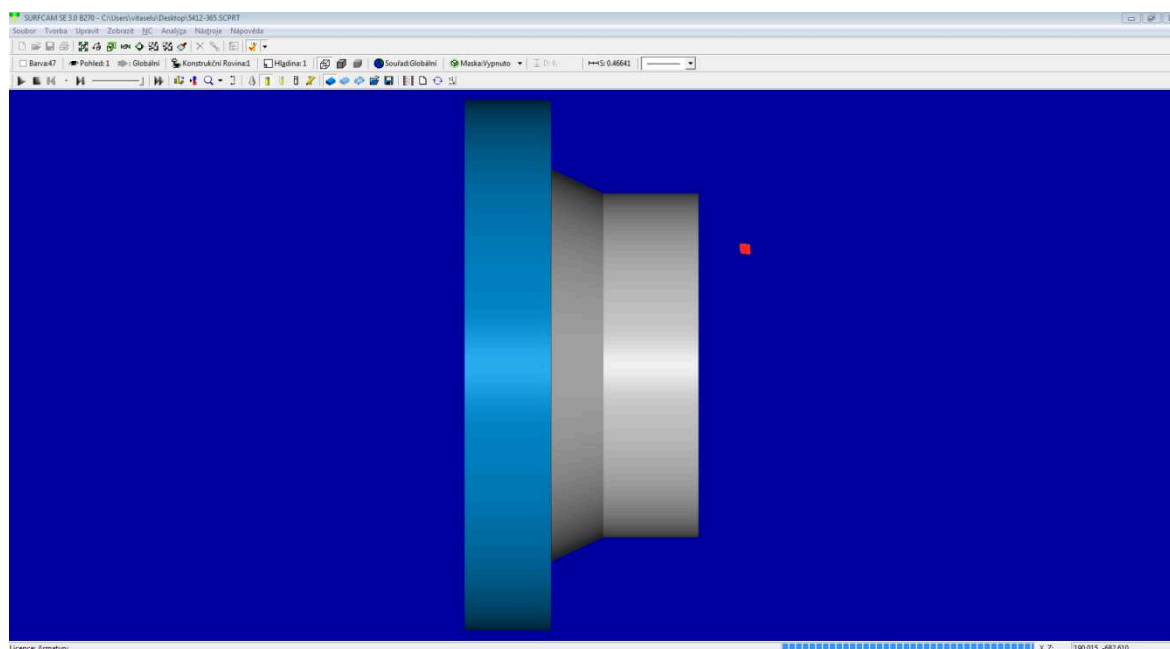


Obr. 7 Obráběné plochy 2. měřené součásti soustružení

7.7 MĚŘENÍ STROJNÍHO ČASU DRUHÉ SOUČÁSTI

Úkolem tohoto měření je zjistit skutečný strojní čas výroby víka tělesa. Konkrétně zhotovení jedné strany víka, a to vnějších průměrů Ø502, Ø480, Ø380 a sražení vnitřní hrany (Obr.7). Výsledný čas je pouze strojní. To znamená, že obsahuje pouze čas od začátku do konce programu a neobsahuje časy upnutí, konečné kontroly, odstranění špon atd. Všechny časy jsou uvedeny v tabulce 7.

Tabulka 7 obsahuje také vypočtené časy ze systému Surfcam. Tyto časy byly zjištěny po vygenerování průvodní dokumentace z tohoto systému, která je k dispozici v příloze E.



Obr. 8 Simulace obrábění 2. měřené součásti

Tabulka 7 Naměřené a vypočtené strojní časy 2. součásti u soustružení

popis úseku	naměřené hodnoty [h:min:sec]	vypočtené hodnoty pomocí Surfcam [h:min:sec]	rozdíl [h:min:sec]
výměna nástroje	0:00:20	0:02:00	-0:01:40
zarovnání čela	0:08:22	0:06:39	0:01:43
výměna nástroje	0:00:16	0:02:00	-0:01:44
Hrubování Ø502, Ø480, Ø380	0:14:38	0:10:06	0:04:32
výměna nástroje	0:00:19	0:02:00	-0:01:41
sražení hrany	0:00:23	0:00:08	0:00:15
celkem	0:24:18	0:22:53	0:01:25
strojní čas bez výměn nástroje	0:23:23	0:16:53	0:06:30

Na tyto výsledky budou aplikovány návrhy zpřesnění výpočtu strojního času z předchozích kapitol.

7.8 APLIKACE NÁVRHŮ ZPŘESNĚNÍ VÝPOČTU STROJNÍHO ČASU

Cílem této kapitoly je použít návrhy zpřesnění výpočtu strojního času z kapitoly 7.5 na výsledky měření druhé součásti. Bude použita jak metoda přepočítávacích koeficientů, tak metoda nastavení výměny nástroje.

7.8.1 ZMĚNA ČASU VÝMĚNY NÁSTROJE

Pokud se podíváme na výsledky z tabulky 7, můžeme si všimnout, že výsledný vypočtený čas činí 22 minut a 52 vteřin a celkový počet výměn je 3. V kapitole 7.5 je doporučeno pro výrobky, jejichž vypočtený čas je do 35 minut a má 0-4 výměn nástroje, ponechat čas výměny nástroje 2 minuty. Můžeme se přesvědčit, že výsledný čas se liší pouze o 1 minutu a 25 vteřin, což spadá do povoleného rozpětí 5 minut. Pokud by se použila pouze 1 minuta na výměnu nástroje, celkový rozdíl by činil 4 minuty a 25 vteřin, což taky spadá do povoleného limitu, ale tato volba je samozřejmě méně přesná.

7.8.2 POUŽITÍ PŘEPOČÍTÁVAJÍCÍCH KOEFICIENTŮ

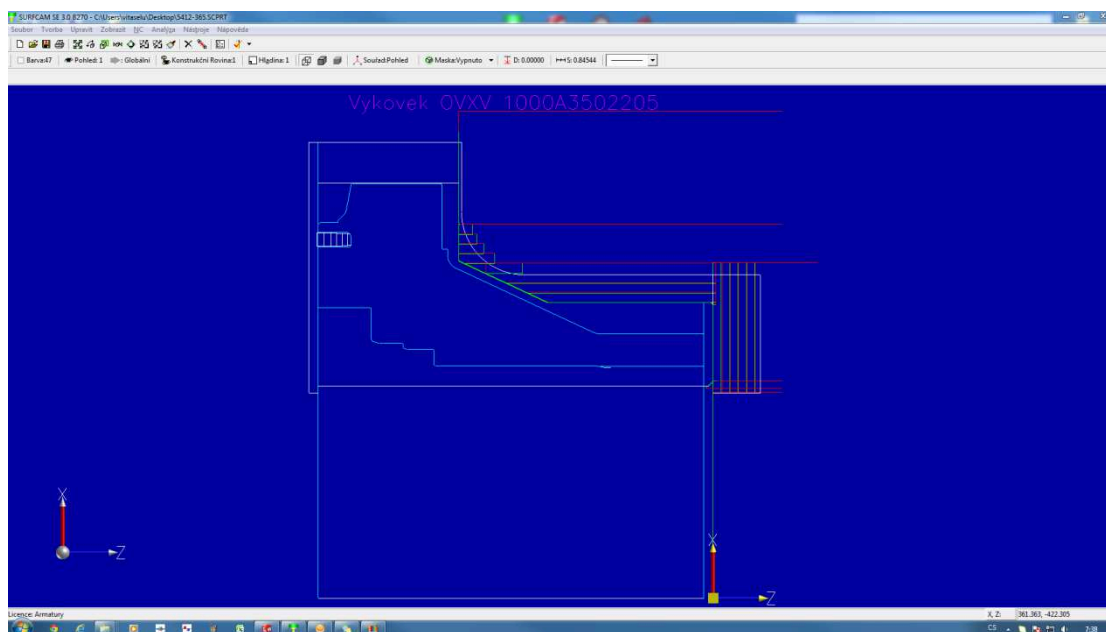
Jako další bude použita metoda přepočítávacích koeficientů. Tyto koeficienty vybereme z tabulky 6 podle použité strategie obrábění. Podle tabulky 7 máme tři úseky a to: zarovnání čela, hrubování a sražení hrany. U hrubování je použita celá řada drah nástroje, proto použije koeficient pro globální hrubování. Čas na výměnu nástroje nastavíme na 19 vteřin, což je naměřený průměr výměny.

Tabulka 8 Vypočtené strojní časy po použití přepočítávacích koeficientů

popis úseku	naměřené hodnoty [h:min:sec]	vypočtené hodnoty pomocí Surfcam [h:min:sec]	rozdíl [h:min:sec]	koeficient [-]	hodnota po aplikaci koeficientů [h:min:sec]	rozdíl [h:min:sec]
výměna	0:00:20	0:02:00	-0:01:40	-	0:00:19	0:00:01
zarovnání čela	0:08:22	0:06:39	0:01:43	1,32	0:08:47	-0:00:25
výměna	0:00:16	0:02:00	-0:01:44	-	0:00:19	-0:00:03
Hrubování Ø502, Ø480, Ø380	0:14:38	0:10:06	0:04:32	1,22	0:12:20	0:02:18
výměna	0:00:19	0:02:00	-0:01:41	-	0:00:19	0:00:00
sražení hrany	0:00:23	0:00:08	0:00:15	3,83	0:0:31	0:00:08
celkem	0:24:18	0:22:53	0:01:25	-	0:22:35	0:01:43
strojní čas bez výměn nástroje	0:23:23	0:16:53	0:06:30	-	0:21:38	0:01:45

V tabulce 8 lze vidět, že po použití přepočítávacích koeficientů se výsledný strojní čas velice přiblížil skutečnému strojnímu času, a to na pouhou 1 minutu a 45 vteřin. Což vyhovuje požadovaným 5 minutám.

Použití celkového přepočítávacího koeficientu, který je vypočítán z celkových časů u první měřené součásti, se u této součásti nedoporučuje, protože jde o tvarově rozdílnou součást, než která byla použita pro stanovení celkového koeficientu. Pokud celkový vypočtený čas bez výměn nástrojů 0:16:53 vynásobíme koeficientem 1,14, pak dostaneme 0:19:15. To se od skutečně naměřeného času 0:23:23 liší o 4 minuty a 8 vteřin, což je sice stále v limitu, ale oproti jiným metodám je tento výsledek značně nepřesný. Celkový koeficient lze však určit zprůměrováním použitých koeficientů. Pokud tedy máme 5x zarovnání čela, 8x podélné hrubování, 1x globální hrubování a 1x sražení hrany (Obr.9), tak do výpočtu zahrneme 5x koeficient pro zarovnání čela, 8x koeficient pro podélné hrubování atd. (Tabulka9).



Obr. 9 Dráhy nástrojů 2. měřené součásti

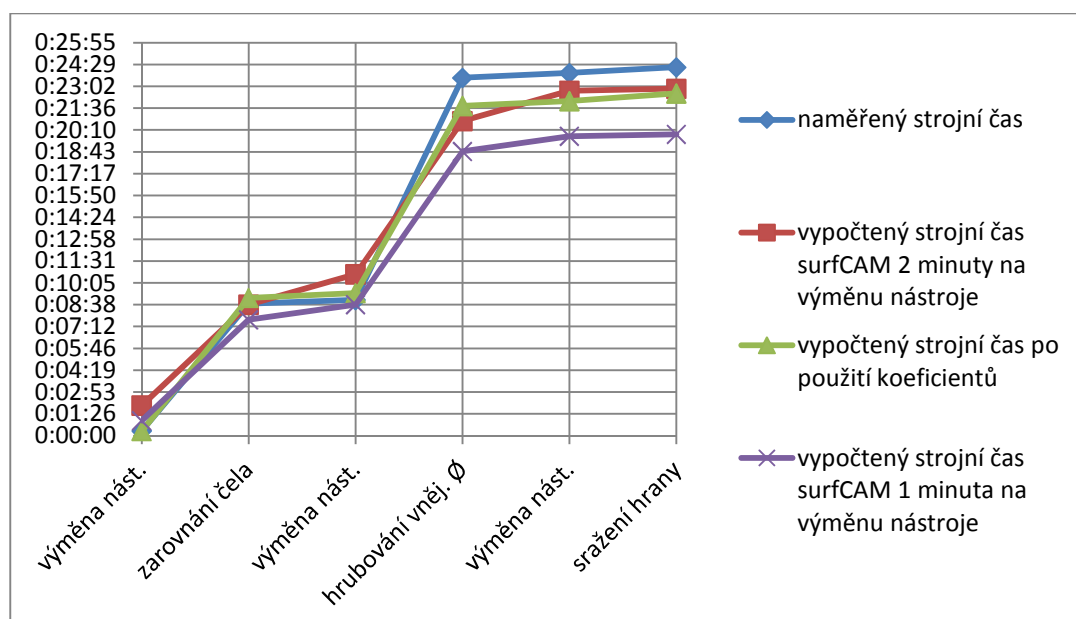
Tabulka 9 Určení celkového průměrného koeficientu

daný koeficient	množství	hodnota koeficientu	
koeficient pro zarovnání čela	5x	1,32	
koeficient pro podélné hrubování	8x	1,05	
koeficient pro globální hrubování	1x	1,22	
koeficient pro sražení hrany	1x	3,83	
výsledný průměrný koeficient		1,34	
	naměřený čas	vypočtený celkový čas vynásobený koeficientem	rozdíl [h:min:sec]
celkový čas	0:23:23	0:16:53*1,34 = 0:22:37	0:00:46

Z tabulky 9 je zřejmé, že použití celkového průměrného koeficientu je nejpřesnější metoda. Po použití této metody bylo docíleno rozdílu pouhých 46 vteřin.

Graf 3 ukazuje srovnání přesnosti všech metod výpočtu strojního času. Z grafu a z tabulek je zřejmé, že nejpřesnější je použití celkového průměrného koeficientu z tabulky 9. Dále pak použití změny času výměny nástroje, a to na 2 minuty, následuje použití jednotlivých přepočítávacích koeficientů. Obě tyto metody se od skutečného času liší do dvou minut. Méně přesná pak je metoda změna času výměny nástroje nastavená na 1 minutu a použití celkového koeficientu. Obě tyto metody se od skutečného času liší do pěti minut.

Graf 3 Srovnání přesnosti výpočtu strojního času jednotlivých návrhů zpřesnění



8 MĚŘENÍ STROJNÍHO ČASU U FRÉZOVÁNÍ

8.1 POPIS STROJE TK 6511

Měření strojního času bude prováděno na stroji TK 6511 (Obr.10). Jedná se o CNC horizontální frézku s otočným stolem s řídicím systémem HEIDENHAIN. Tato frézka je součástí strojního parku společnosti ARMATURY Group a.s. Hlavní technické parametry stroje TK 6511 uvádí tabulka 10.

Tabulka 10 Technické parametry stroje TK 6511

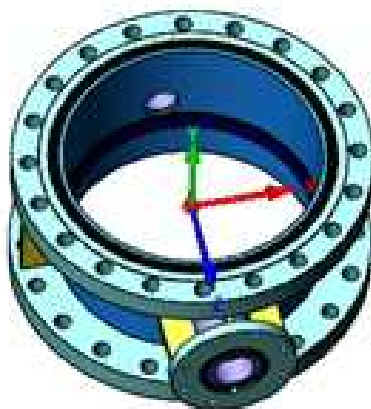
parametr	hodnota	jednotka
rozsah v osách X/Y/Z	2500 / 1200 / 1500	[mm]
rychloposuv	7.5	[m/min]
rozměry stolu	1250 x 1400	[mm]
maximální zatížení stolu	5000	[kg]
výkon hlavního pohonu	17	[kW]
max. ot. vřetene	3000	[ot/min]
počet nástrojů	Ruční výměna	-
rozměry stroje D x Š x V	5800 x 5800 x 4078	[mm]
hmotnost stroje	23 000	[kg]



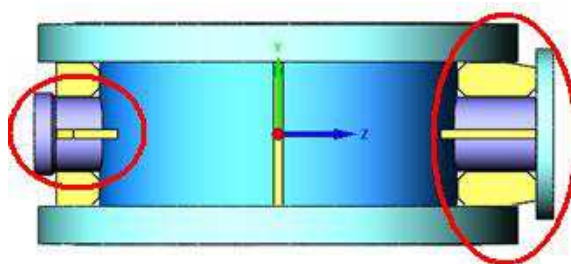
Obr. 10 Stroj TK 6511[8]

8.2 MĚŘENÁ SOUČÁST U FRÉZOVÁNÍ

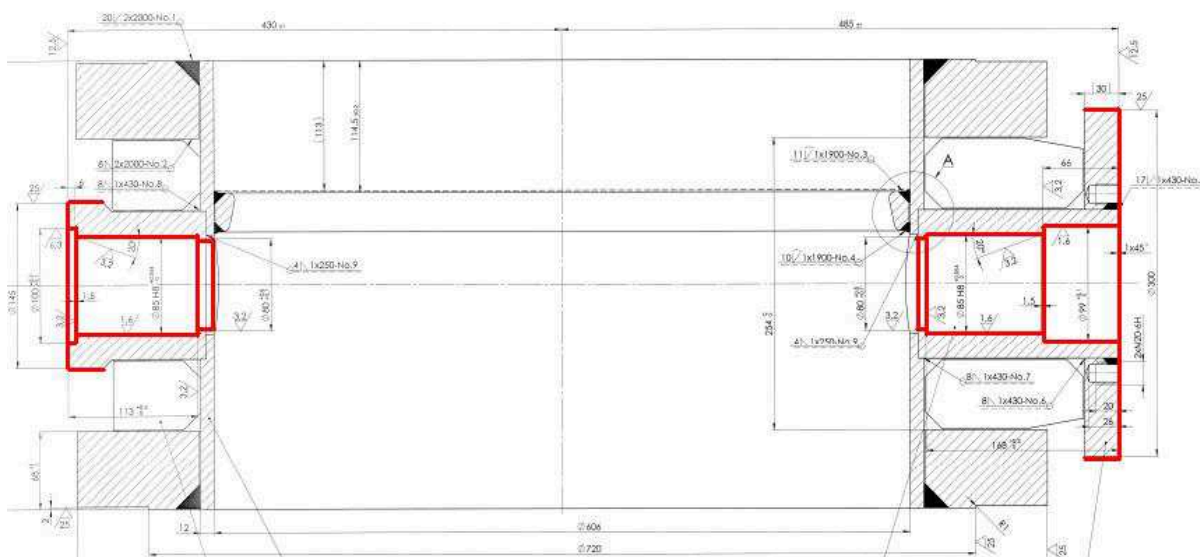
Pro měření byla vybrána součást těleso klapky (Obr.11). Jde o jednoho z hlavních výrobních představitelů na stroji TK 6511. Technická dokumentace této součásti je k dispozici v příloze F. Na tomto tělese se bude zhotovovat velká a malá příruba (Obr.12,13), a to jak vnější, tak vnitřní rozměry.



Obr. 11 Těleso klapky



Obr. 12 Těleso klapky, vyznačena malá a velká příruba

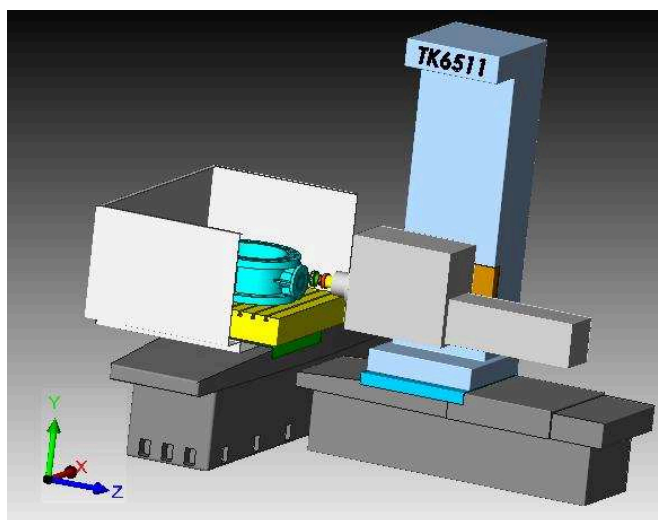


Obr. 13 Obráběné plochy tělesa klapky

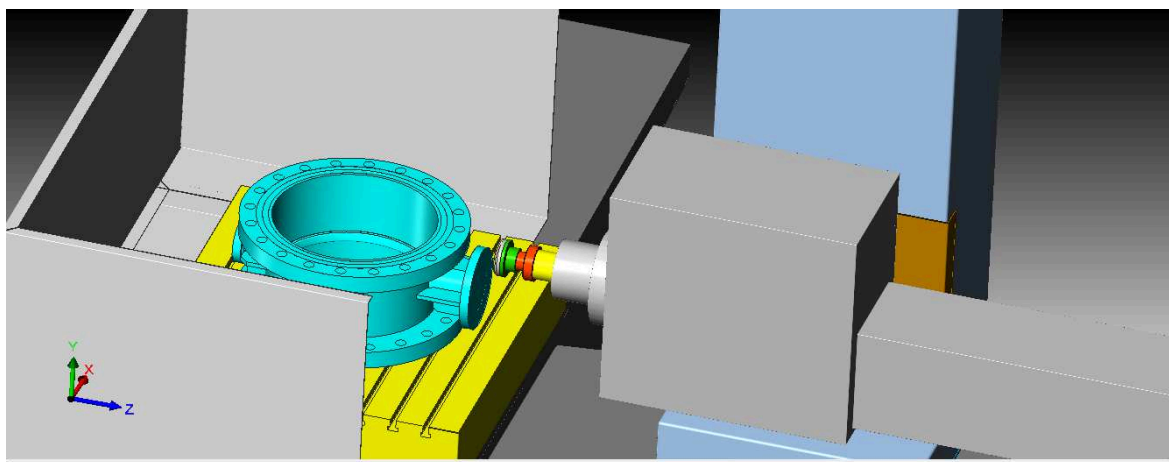
8.3 MĚŘENÍ STROJNÍHO ČASU ZVOLENÉ SOUČÁSTI

Cílem tohoto měření je zjistit skutečný strojní čas výroby tělesa klapky. Konkrétně dvou postranních přírub o vnějším průměru 145 a 300 mm. Výsledný čas je pouze strojní. To znamená, že obsahuje pouze čas od začátku do konce programu a neobsahuje časy upnutí, konečné kontroly atd. Všechny časy jsou uvedeny v tabulce 11.

Tabulka 11 obsahuje také vypočtené časy ze systému Solidcam, který se používá ve společnosti ARMATURY Group a.s.. Tyto časy byly zjištěny po vygenerování průvodní dokumentace ze systému solidCAM, která je k dispozici v příloze G.



Obr. 14 Simulace stroje v systému Solidcam



Obr. 15 Frézování čela větší příruby

Tabulka 11 Naměřené a vypočtené strojní časy součásti frézování

popis úseku	naměřené hodnoty [h:min:sec]	vypočtené hodnoty pomocí Solidcam [h:min:sec]	rozdíl [h:min:sec]
výměna nástroje	0:00:31	0:01:20	-0:00:49
zarovnání čel obou přírub	0:10:15	0:10:31	-0:00:16
výměna nástroje	0:00:26	0:01:20	-0:00:54
vrtání Ø70 skrz u obou přírub	0:07:06	0:8:18	-0:01:12
výměna nástroje	0:00:37	0:01:20	-0:00:43
obrábění na čisto Ø300 Ø145	0:19:07	0:20:26	-0:01:19
výměna nástroje	0:00:35	0:01:20	-0:00:45
hrubování vnitřních průměrů Ø100, Ø99, Ø85H8	0:22:38	0:24:38	-0:02:00
výměna nástroje	0:00:27	0:01:20	-0:00:53
obrábění na čisto Ø88,8	0:09:47	0:10:58	-0:01:11
výměna nástroje	0:00:21	0:01:20	-0:00:59
vrtání Ø10 pro M12	0:01:47	0:00:43	0:01:04
výměna nástroje	0:00:25	0:01:20	-0:00:55
vrtání Ø14 pro M16	0:01:54	0:00:55	0:00:59
výměna nástroje	0:00:17	0:01:20	-0:01:03
vrtání Ø17 pro M20	0:00:51	0:00:28	0:00:23
výměna nástroje	0:00:14	0:01:20	-0:01:06
sražení hran pro M12, M16, M20	0:02:02	0:00:46	0:01:16
výměna nástroje	0:00:14	0:01:20	-0:01:06
sražení hrany 20°	0:01:29	0:00:38	0:00:51
výměna nástroje	0:00:11	0:01:20	-0:01:09
odjehlení Ø100, Ø145, Ø300, Ø99, Ø85H8	0:02:48	0:01:57	0:00:51
výměna nástroje	0:01:10	0:01:20	-0:00:10
závit M16	0:03:30	0:03:33	-0:00:03
výměna nástroje	0:00:37	0:01:20	-0:00:43
závit M20	0:00:40	0:00:32	0:00:08
výměna nástroje	0:01:05	0:01:20	-0:00:15
závit M12	0:02:11	0:01:59	0:00:12
výměna nástroje	0:00:09	0:01:20	-0:01:11
dokončení Ø100	0:01:29	0:01:29	0:00:00
výměna nástroje	0:00:45	0:01:20	-0:00:35
dokončení Ø85H8	0:03:57	0:04:21	-0:00:24
výměna nástroje	0:00:49	0:01:20	-0:00:31
dokončení Ø99	0:01:22	0:01:37	-0:00:15
celkem	1:41:46	1:56:29	-0:14:43

Z tabulky 11 je patrné, že strojní časy některých úseků (zeleně označené) jsou ve skutečnosti kratší než časy vypočtené se systému solidCAM. Strojní časy modře označené jsou naopak delší než časy vypočtené se systému solidCAM. Časy výměn nástroje jsou taktéž kratší, než je nastavený čas. Tento problém se bude řešit v nadcházejících kapitolách.

8.4 ANALÝZA MĚŘENÍ STROJNÍHO ČASU

V této podkapitole bude popsána analýza naměřených strojních časů v systému Solidcam. Pro zlepšení přesnosti byly strojní časy a časy výměn nástroje rozděleny a budou se posuzovat zvlášť.

Tabulka 12 Porovnání časů výměn nástrojů u součásti frézování

	naměřené časy [h:min:sec]	vypočtené časy pomocí Solidcam [h:min:sec]	rozdíl [h:min:sec]
celkový čas výměn	0:08:53	0:22:40	-0:13:47
průměrný čas výměny	0:00:31	0:01:20	-0:00:49

Z tabulky 12 je zřejmé, že naměřený čas výměny nástroje se velice liší od času, který je nastaven v systému Solidcam, a to tak, že ve skutečnosti je výměna nástrojů v průměru o 49 sekund rychlejší na jednu výměnu a o 13 minut a 47 vteřin rychlejší po součtu všech výměn.

Tabulka 13 Celkový strojní čas součásti frézování

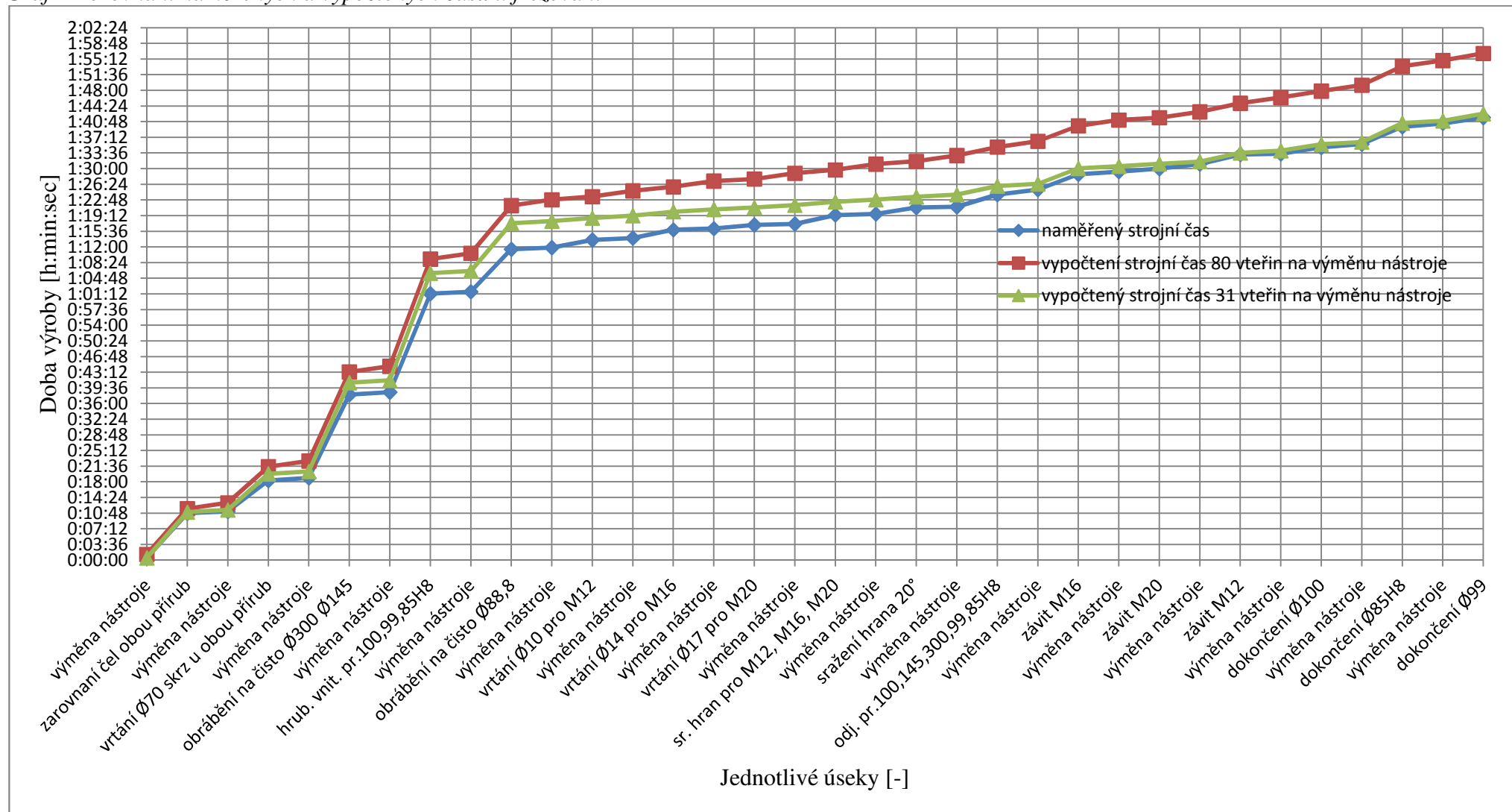
	naměřený strojní čas [h:min:sec]	vypočtený strojní čas pomocí Solidcam [h:min:sec]	rozdíl [h:min:sec]
celkový strojní čas s výměnou nástrojů	1:41:46	1:56:29	-0:14:43
celkový strojní čas bez výměny nástrojů	1:32:53	1:33:49	-0:00:56

Tabulka 13 znázorňuje celkový strojní čas s výměnou a bez výměny nástrojů. Můžeme si všimnout, že s výměnou nástrojů je vypočtený strojní čas delší než naměřený, a to o 14 minut a 43 vteřin, zatímco bez výměny nástrojů je delší jen o 56 vteřin.

8.5 NÁVRH OPATŘENÍ KE ZPŘESNĚNÍ VÝPOČTU STROJNÍHO ČASU

Z výsledků měření první součásti u frézování je zřejmé, že se naměřený a vypočítaný strojní čas v určitých ohledech liší, proto se musí přistoupit k jistým opatřením, aby se rozdíl mezi časy co nejméně lišil. Pokud se podíváme do tabulky 12 na rozdíly naměřených a vypočtených strojních časů, můžeme vidět, že zatímco s výměnou nástroje je rozdíl 14 minut a 43 vteřin, bez výměny je to pouze 56 vteřin. z těchto výsledků můžeme říct, že systém Solidcam velice přesně vypočítává strojní časy a není potřeba určit přepočítávací koeficienty, ale čas na výměnu nástroje je přehnaně nastaven na 80 vteřin, proto je doporučeno změnit čas výměny nástroje na průměrně naměřených 31 vteřin. Po této změně se vypočtené a naměřené strojní časy prakticky neliší, viz Graf 4. Jinak se žádné jiné opatření nedoporučuje, jenom sledování výroby pomocí DNC sítě s aplikací MMS, která je popsána v následující kapitole, aby se mohlo potvrdit, že změna času výměny nástroje opravdu zpřesnila vypočtené strojní časy.

Graf 4 Porovnání naměřených a vypočtených časů u frézování



9 MONITOROVACÍ SYSTÉM STROJE

K určení přesnosti přepočítávacích koeficientů a zlepšení jejich přesnosti by bylo potřeba udělat více měření, což je časově velmi náročné, proto navrhuji využít DNC síť, která je v podniku již zavedena.

DNC (Distributed Numeric control) je provozní režim v podniku, při kterém jsou výrobní zařízení napojena přímo do počítačové sítě LAN.

V případě NC CNC strojů jsou tyto stroje napojeny na hlavní počítač (DNC server), na kterém jsou archivovány a kompletně spravovány jejich programy a z kterého jsou tyto programy dle potřeby zasílány na příslušné stroje. Zajištění rychle se měnících výrobních požadavků, časově krátké přerozdělování nebo předávání řídicích informací na různé systémy, jako např. NC CNC stroje, je dnes bez nasazení odpovídajícího DNC systému nemyslitelné.

Základní principy DNC sítí řízených aplikací CNCprog

- programátor ze své PC stanice komunikuje prostřednictvím aplikace CNCEvid s datovým úložištěm,
- pracovník na CNC stroji může na základě čísla programu provést načtení programu z datového úložiště do stroje,
- program CNCprog provádí správu datového úložiště, řídí komunikaci s jednotlivými stroji, pracuje s verzí jednotlivých CNC programů, umožní porovnávání jednotlivých verzí, umožní připojovat k jednotlivým programům dokumentační přílohy (technologický postup, výkresy, tabulky apod.).



Obr. 16 Přijímač DNC sítě umístěný na stroji

MMS (Monitoring Machine System)

Je aplikace, která slouží pro sledování a řízení efektivity výroby. Umožňuje sběr dat od výrobních zařízení, je nástrojem pro sledování čistého výrobního času a pro sledování a analýzu prostojů. MMS nabízí způsob, jak měřit celkovou efektivitu výrobních zařízení a odkrýt vznikající ztráty ve výrobě.

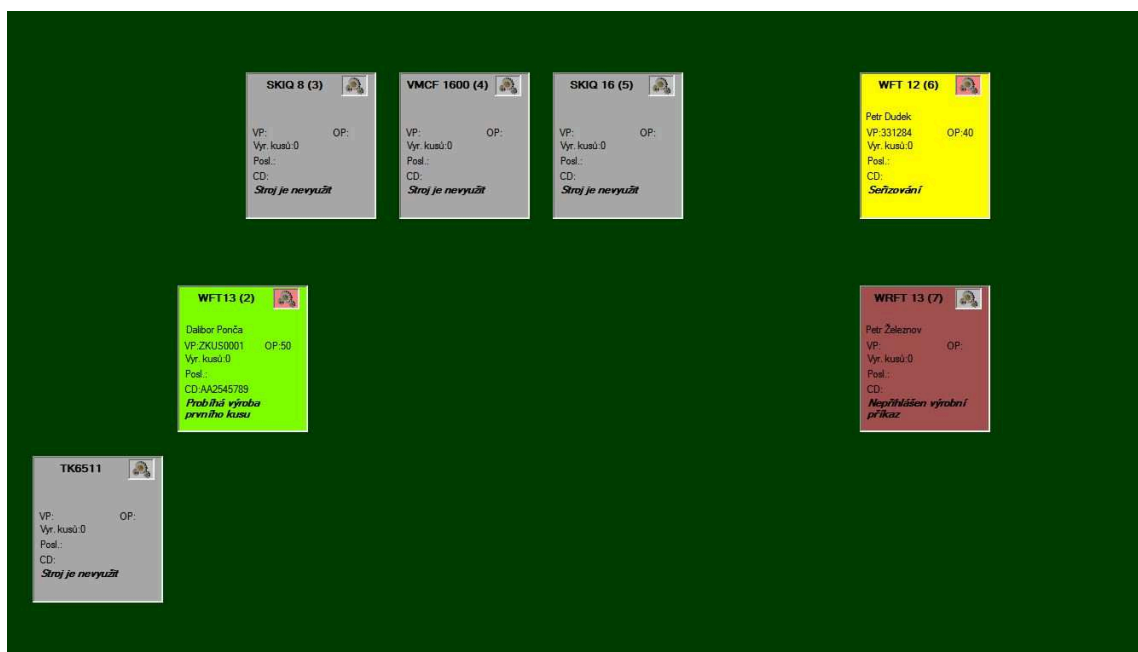
Ve výrobním prostředí je někdy opravdu velmi těžké přesně nalézt skutečné příčiny prostojů. Monitorování v reálném čase umožňuje zaznamenat příčiny prostojů různého typu, které mohou vzniknout i s nepatrným časovým odstupem v různých výrobních technologiích a oblastech výrobního podniku a tím přesně nalézt skutečné příčiny prostojů.

Pokud jsou k dispozici potřebná data, je možné v reálném čase vidět okamžitě využití, výkon a kvalitu práce konkrétního stroje a také automaticky provádět výpočet OEE (koeficient celkové efektivity zařízení, Overall Equipment Effectives, OEE). V reálném čase lze vidět i efektivitu práce pro aktuální směnu, den, zakázku.

Program MMS umožňuje graficky, nebo formou tabulek zobrazit stav probíhající výroby, využití strojů a stav plnění výrobních norem. Svým grafickým výstupem upozorňuje včas na výkyvy pracovního výkonu, zpomalení či zastavení výrobního procesu. V kterémkoli okamžiku pak může vedoucí pracovník sledovat, zda termín dokončení zakázky bude splněn. V případě prodlení je možné přijmout opatření pro návrat k výrobnímu plánu, či přizpůsobit ostatní navazující procesy vzniklé situaci.

Systém umožňuje rovněž sledovat a vyhodnocovat historii výroby s možností filtrace dat v požadovaných časových úsecích (směna, den, týden, měsíc, atd.) a je efektivním nástrojem pro analýzu prostojů.

Obr. 17 je obraz z aplikace MMS, která umožňuje sledovat aktuální výrobu na všech strojích současně. Dokáže barevně rozlišit, v jakém stavu se daný stroj a výroba nachází, např. jestli probíhá seřizování stroje, výroba kusu, přerušení výroby, ale také jestli je výroba oproti normě pomalá či rychlá. Po rozkliknutí daného stroje nám vyjede okno s detailnějším popisem (Obr.18). V tomto okně se můžeme dozvědět o popisu dané součásti, která se vyrábí (modré okno), o aktuálních časech výroby a srovnání s normou, výpočet efektivity stroje, odhadovaný čas a datum dokončení zakázky (zelené okno) a také počet vyrobených kusů, zmetků, počet kusů, které je potřeba ještě vyrobit (fialové okno).



Obr. 17 Sledování aktuální výroby všech strojů

The screenshot displays the MMS software interface. At the top, there are three panels for different machines: 500 (4), SKIQ 16 (5), and WFT 12 (6). The WFT 12 (6) panel is highlighted with a red box and has a red arrow pointing to its details window.

The details window for WFT 12 (6) is titled "Aktuální stav stroje" and "WFT 12 (6)". It features a yellow header with the text "Seřizování". Below this, the operator is listed as "Operátor: Petr Dudek".

The "Probíhající operace" section includes fields for "Výrobní příkaz: 331284", "Operace: 40", "Počet běžících operací: 1", "Volba operace: 331284 40", "Počet spolu vyr. kusů: 1", and "Popis operace: č.105 Uprout, středit, frézovat vybrání š=182 na l=336 od osy".

The "Číslo dílce" and "Popis dílce" fields are also present. Below this, a table shows production data:

	[ks/min]	[min/ks]		[ks/min]	[min/ks]	
Norma:	0.0105285	94.98000	Výrobno:			
Maximální povolená doba seřizování:	120.00	[min]	Doba seřizování:	00:16:10		
Datum spuštění:	30.04.2014	Čas spuštění:	09:21:21	Doba běhu:	00:16:10	
Datum odhad. konce:		Čas odh. konce:		Odhad. doba:		

The "Přerušení výroby" section shows "Celková doba přerušení: 00:00:00".

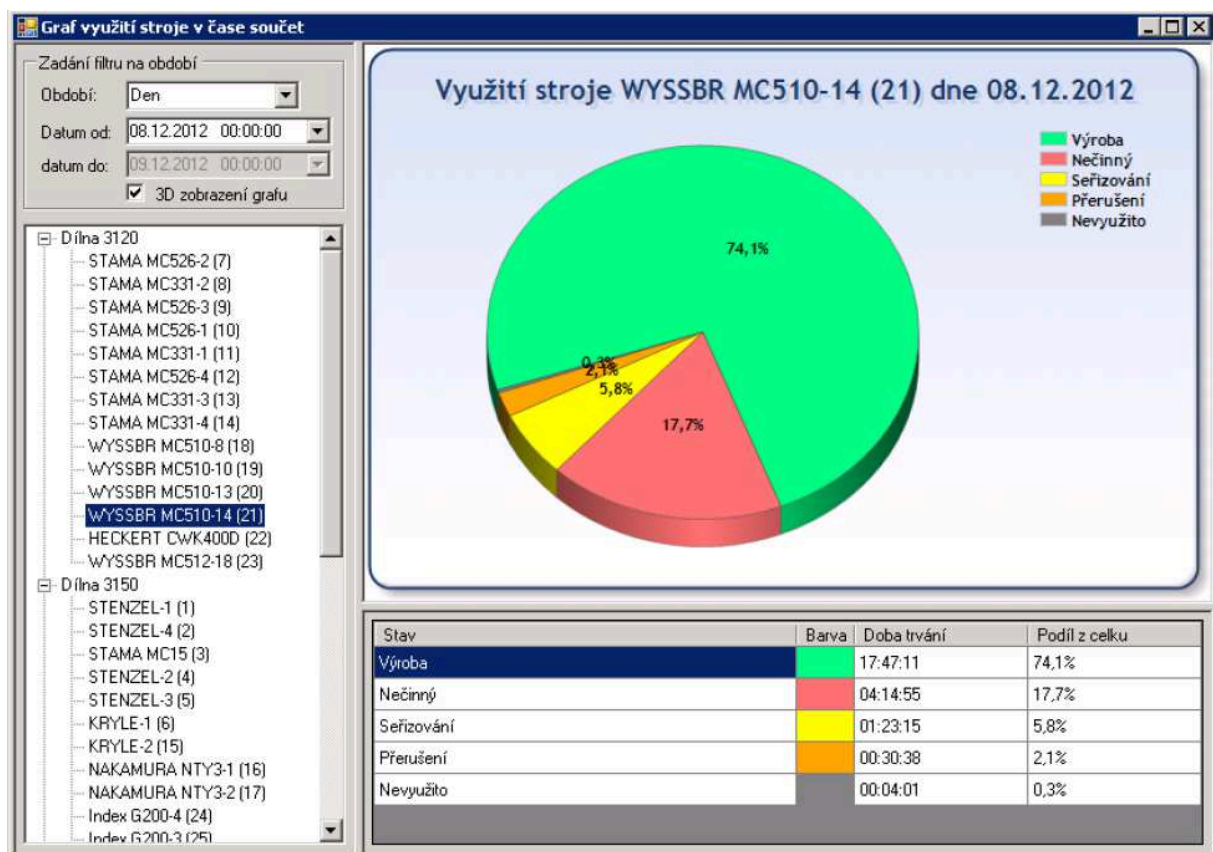
On the right side, a pink box highlights the "Datum a čas" section, showing "30.04.2014 09:37:32". Below this, a table shows production statistics:

Informace o počtu kusů	
Vyrobeno dobrých kusů operátorem:	0
Vyrobeno zmetků operátorem:	0
Doba od posl. vyr. kusu:	
Vyrobeno dobrých všemi operátory:	0
Vyrobeno zmetků všemi operátory:	0
Vyrobeno všemi operátory:	0
Požadováno vyrobít:	1
Zbývá vyrobít:	1

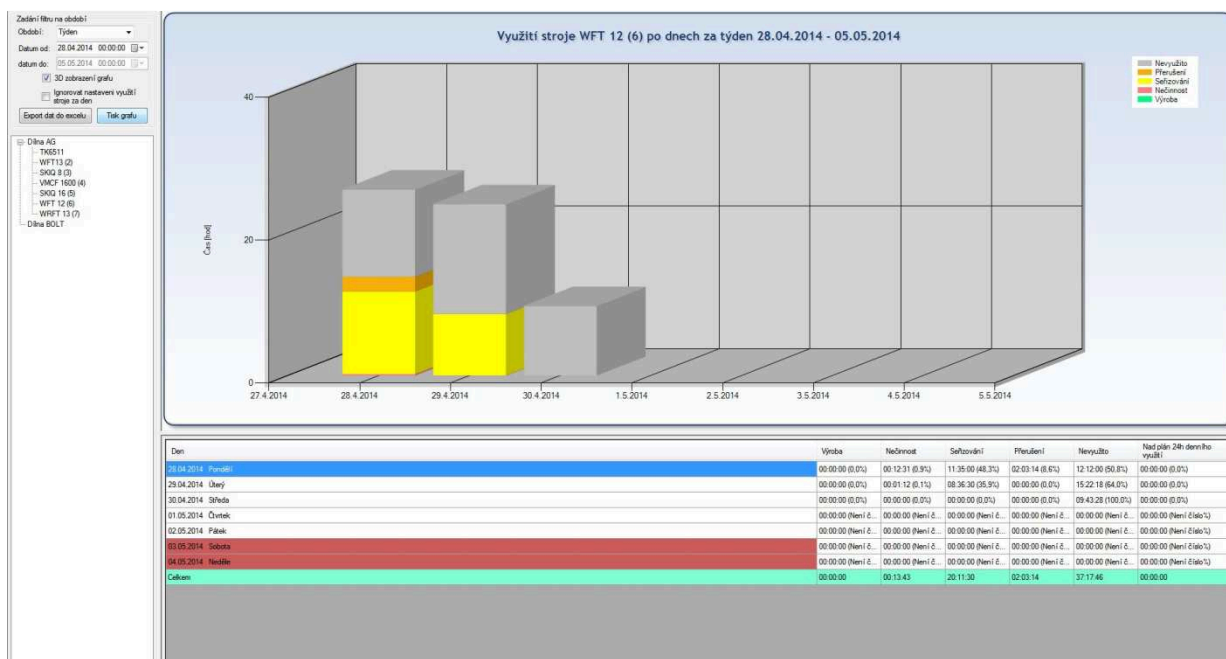
At the bottom, there is a table for "Přerušení výroby" with columns: Datum a čas zahájení, Datum a čas ukončení, Doba přerušení, Množství, Název přerušení, Přerušeno, and Popis přerušení. The table is currently empty.

Obr. 18 Sledování aktuální výroby daného stroje

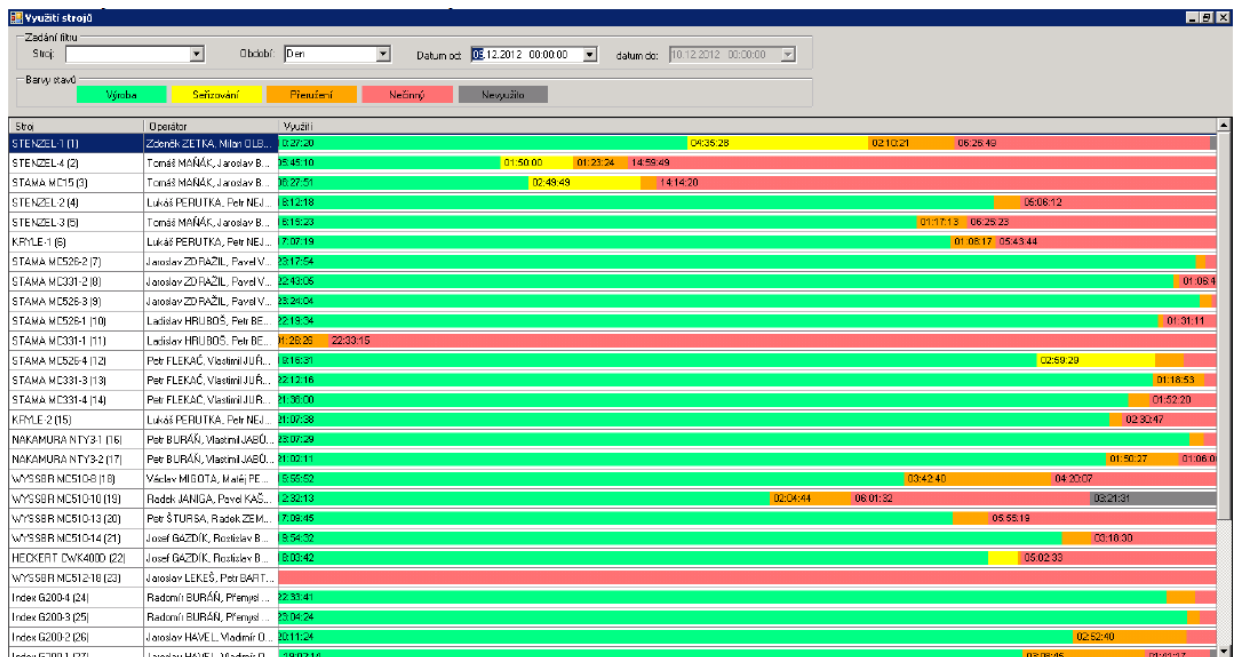
Aplikace MMS samozřejmě také nabízí historii výroby, kterou může vyobrazovat v podobě grafů (Obr.19,20). Umožňuje taktéž porovnávat efektivitu jednotlivých strojů a operátorů (Obr.21). U jednotlivých zakázek dokáže zobrazit důvody přerušení i s délkou jejich trvání (Obr.23).



Obr. 19 Historie využití stroje v kruhovém grafu



Obr. 20 Historie využití stroje ve sloupcovém grafu



Obr. 21 Porovnání jednotlivých operátorů

Zadáání filtru: Stroj: WFT 12 (6) Pracovník: [všechny] Datum od: 29.04.2014 00:00:00 Datum do: 01.05.2014 00:00:00 [x] Spočít výrobu přes páhno: Export do Excelu

Operátor: [všechny] Osobní číslo operátora: [všechny] Délka: Délka AG: [všechny] Základní: [všechny]

Výr. příkaz: [všechny] Pracovník: [všechny] Operace: [všechny] Číslo dílce: [všechny] Aktualizovat filtr

Název stroje	Číslo stroje	Číslo výroby	Jméno operátora	Číslo dílce	Přidělování výroby	Výroba kusů	Počet změny	Norma min/kus	Výroba min/kus	Pov. doba seřiz. min	Datum přihlášení	Datum ukončení	Počet spolu výroby kusů	Celk. čas výroby	Čas výroby	Celk. čas přerušení	Celk. čas seřizování	Nečinnost	Elektrická výroba	Výroba seřizování	Seřizování	Počet ručně zad. kusů	Koeficient konverze kusů
WFT 12 (6)	50	333216	Tomáš VITÁSEK		2	1	0	660.00	0	60	28.4.2014 15:53:02	28.4.2014 5:11:40	1	13:18:38	00:00:00	00:45:11	12:33:27	00:00:00	0%	66%	11:33:27	1	0
WFT 12 (6)	50	333231	Petr Dudek		1	0	0	79.98	0	30	29.4.2014 6:20:54	29.4.2014 6:21:00	1	00:00:26	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:26	0%	0%		0	0
WFT 12 (6)	50	333231	Petr Dudek		1	1	0	79.98	0	30	29.4.2014 6:21:09	29.4.2014 7:44:30	1	01:22:51	00:00:00	00:00:00	01:22:51	00:00:00	0%	27%	00:52:51	1	0
WFT 12 (6)	50	333245	Petr Dudek		1	0	0	85.02	0	30	29.4.2014 7:46:00	29.4.2014 9:47:50	1	02:01:50	00:00:00	00:00:00	02:01:50	00:00:00	0%	46%	01:31:50	0	0
WFT 12 (6)	190	333236	Petr Dudek		1	0	0	430.02	0	120	29.4.2014 10:46:26	29.4.2014 10:47:12	1	00:00:46	00:00:00	00:00:00	00:00:46	00:00:00	0%	0%		0	0
WFT 12 (6)	190	333236	Petr Dudek		1	0	0	430.02	0	120	29.4.2014 10:47:19	29.4.2014 10:47:28	1	00:00:09	00:00:00	00:00:00	00:00:09	00:00:00	0%	0%		0	0

Obr. 22 Historie výroby stroje

Historie přerušení

Zadáání filtru: Stroj: [všechny] Pracovník: [všechny] Datum od: 30.04.2014 08:42:43 Datum do: 30.04.2014 09:42:43 Export do Excelu

Výrobní číslo stroje: [všechny] Operátor: [všechny] Osobní číslo operátora: [všechny] Délka: [všechny]

Výr. příkaz: [všechny] Pracovník: [všechny] Číslo dílce: [všechny] Operace: [všechny]

Přerušení: [všechny] Aktualizovat filtr

Číslo výroby	Číslo operace	Stroj	Osobní číslo stroje	Jméno operátora	Číslo dílce	Det. čas zahájení	Det. čas ukončení	Doba trvání	Množství kusů	Důvod přerušení	Přerušeno
333216	50	WFT 12 (6)		Tomáš VITÁSEK		28.4.2014 15:57:44	28.4.2014 16:06:01	00:10:17	0	Časování na jehlu	Seřizování
333216	50	WFT 12 (6)		Tomáš VITÁSEK		28.4.2014 17:32:20	28.4.2014 17:32:34	00:00:14	0	Výsledná polohovacího nástrže	Seřizování
333216	50	WFT 12 (6)		Tomáš VITÁSEK		28.4.2014 18:03:38	28.4.2014 18:35:07	00:36:29	0	Přestávka na oběd	Seřizování
333216	50	WFT 12 (6)		Tomáš VITÁSEK		28.4.2014 19:58:51	28.4.2014 20:57:02	00:58:11	1	Výsledná polohovacího nástrže	Seřizování

1 z 4 Celkový čas přerušení: 00hod 45min 11s

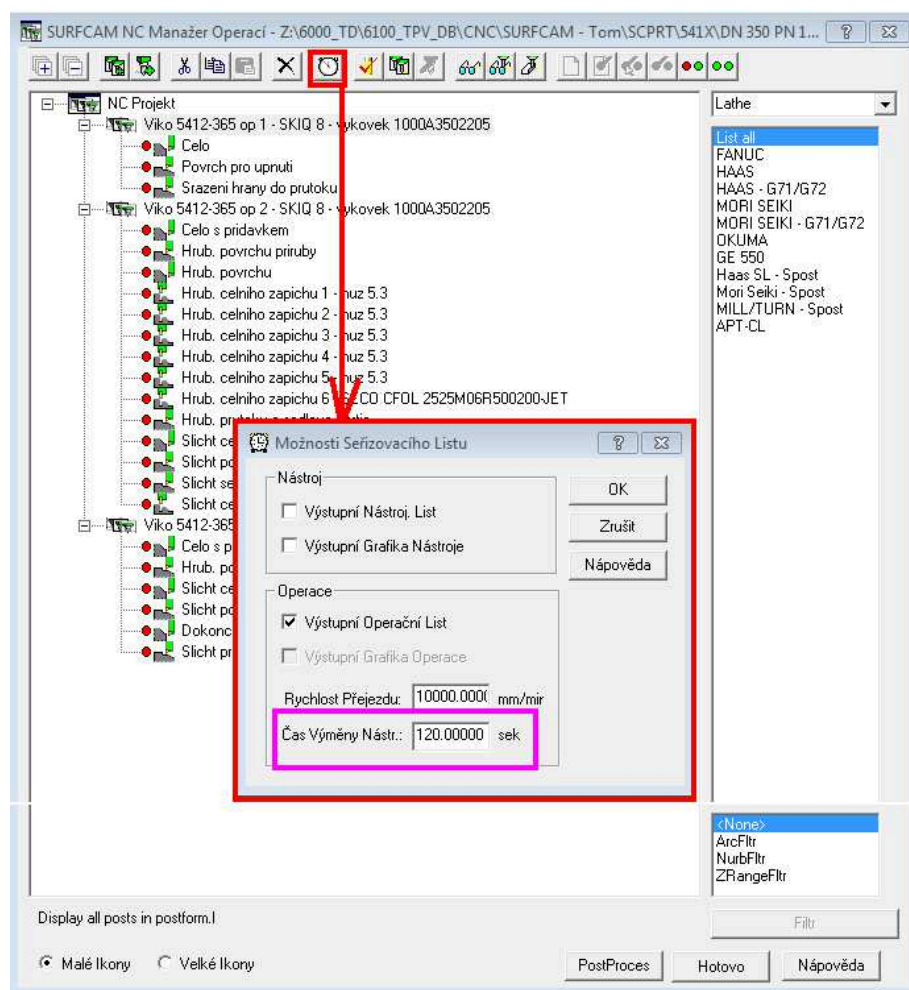
Obr. 23 Historie přerušení

10 POZNATKY PRO PRAXI

Tato kapitola popisuje základní poznatky pro zavádění navržených opatření na zpřesnění strojního času do praxe. V obou případech, jak u soustružení, tak u frézování měření časů prokázalo, že čas na výměnu nástroje je jedním z hlavních důvodů špatného výpočtu strojního času, proto se musí změnit jak v systému Surfcam, tak i v systému Solidcam.

10.1 ZMĚNA NASTAVENÍ ČASU VÝMĚNY NÁSTROJE V SYSTÉMU SURFCAM

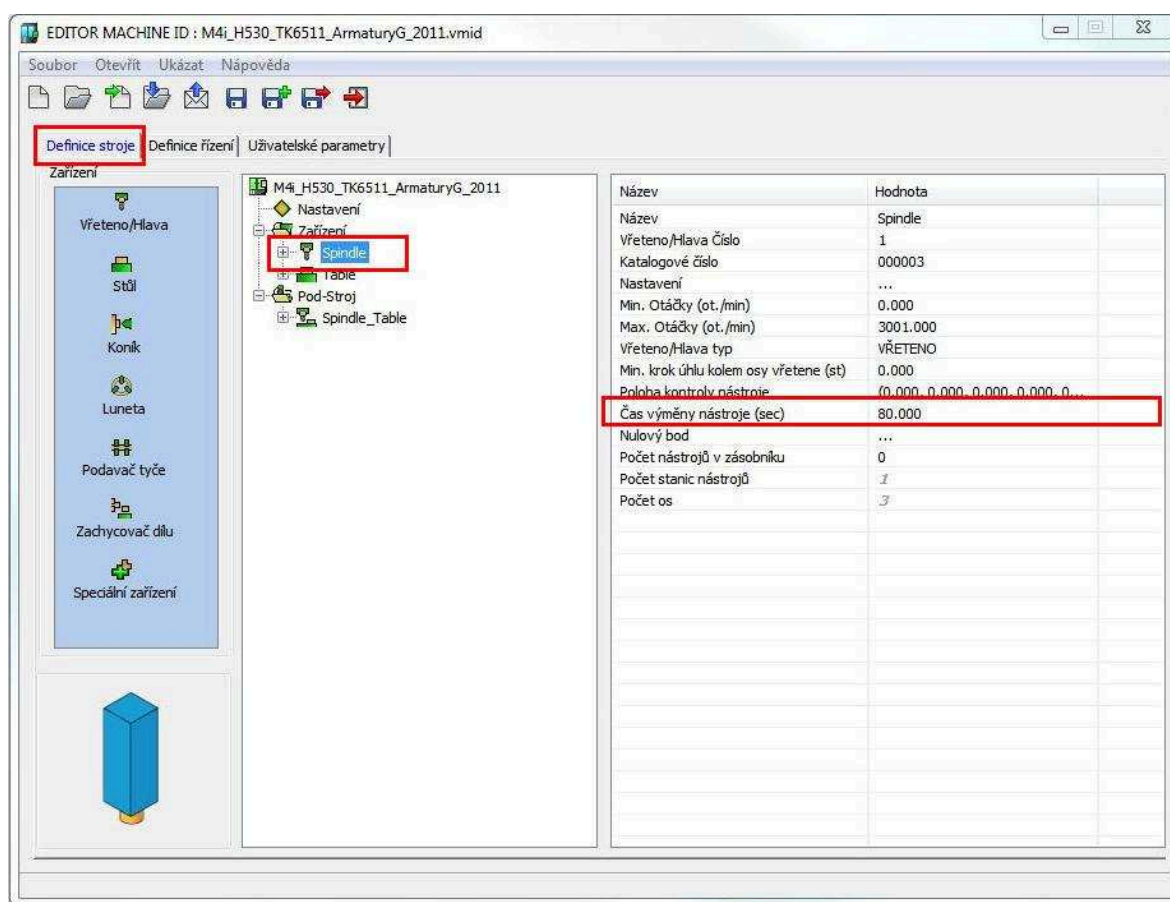
Změna nastavení času výměny nástroje v systému Surfcam je velice jednoduchá. Pomocí funkce „manažer operací“ je potřeba spustit příkaz „vytvořit seřizovací list“. Po spuštění vyjde okno „možnosti seřizovacího listu“, kde v kolonce „čas výměny nástroje“ lze nastavit potřebný čas (Obr.24).



Obr. 24 Změna času výměny nástroje v systému Surfcam

10.2 ZMĚNA NASTAVENÍ ČASU VÝMĚNY NÁSTROJE V SYSTÉMU SOLIDCAM

Změna nastavení času výměny nástroje v systému Solidcam je trochu komplikovanější než v systému Surfcam. Je totiž potřeba nastavit změnu času výměny nástroje přímo v postprocesoru daného stroje. Po rozkliknutí daného postprocesoru stroje se objeví editovací okno, pak v záložce „definice stroje“ v příkazu „spindle“ lze v kolonce „čas výměny nástroje“ nastavit potřebný čas (Obr.25).



Obr. 25 Změna času výměny nástroje v systému Solidcam

10.3 VÝSTUPY Z MONITOROVACÍHO SYSTÉMU STROJE

V závěru této práce je uveden jeden z prvních výstupů z aplikace MMS, která byla v podniku ARMATURY group a.s. spuštěna v testovacím režimu. Bohužel se jedná o zakázku, kde je požadováno vyrobit pouze 1 kus. Výsledný čas je tedy zkreslen seřizováním a nelze porovnat s časy z CAM systému.

Nicméně výstupy ze systému ukazují, že norma na tento kus je hodně nadsazena. Na obr. 26 lze vidět, že norma na kus je 105 minut + 120 minut na seřízení stroje. Dohromady to dělá 3 hodiny a 45 minut na kus, ale výstup s MMS ukazuje, že celý kus trval 2 hodiny 41 minut a 42 vteřin včetně bezmála 19 minut přerušení (Obr.27). Rozdíl mezi normou a skutečností tedy činí 1 hodinu 3minuty a 18 vteřin. Podíl na tak velkém rozdílu mezi normou a skutečností má určitě to, že se jedná o opakovanou výrobu. Operátor tak nemusí odladit úplně nový program. Je tedy nezbytné tyto normy upravit, aby se co nejvíce přiblížily skutečnému výrobnímu času.

Název stroje	Číslo výt.	Číslo výt. příkazu	Jméno operátora	Číslo dílce	Požadováno výrobků	Vyrobeno kusů	Číslo směru	Norma min/ks	Vyrobeno min/ks	Plav. doba seřiz. min	Datum přeházení	Datum ukončení	Poř. spolu výt. kusů	Čas výt. čas	Čas výt. čas	Čas čas přerušení	Čas čas seřizování
WFT 12 (6)	40	327550	Tomáš VITÁSEK		1	1	0	105.00	0	120	30.4.2014 13:38:19	30.4.2014 16:20:01	1	02:41:42	00:00:00	00:18:57	02:22:45

Obr. 26 Historie výroby seřízení součásti

Číslo výt. přík.	Číslo operace	Stroj	Evid. číslo stroje	Jméno operátora	Číslo dílce	Dat. čas zahájení	Dat. čas konce	Doba trvání	Množství kusů	Důvod přerušení	Přerušeno
327550	40	WFT 12 (6)		Tomáš VITÁSEK		30.4.2014 14:06:33	30.4.2014 14:06:42	00:00:09	0	Ostatní práce	Seřizování
327550	40	WFT 12 (6)		Tomáš VITÁSEK		30.4.2014 14:06:42	30.4.2014 14:13:15	00:06:33	0	Osobní potřeby	Seřizování
327550	40	WFT 12 (6)		Tomáš VITÁSEK		30.4.2014 14:53:03	30.4.2014 14:58:15	00:05:12	0	Chybi přípravek, měřidlo	Seřizování
327550	40	WFT 12 (6)		Tomáš VITÁSEK		30.4.2014 15:37:42	30.4.2014 15:44:45	00:07:03	0	Výměna poškozeného nástroje	Seřizování

1 z 4 Celkový čas přerušení: 00:18:57

Obr. 27 Historie přerušení vyráběné součásti

11 ZÁVĚR

V teoretické části této práce byl popsán základní přehled CAM systémů (koncept, historie, rozdělení) včetně popisu postprocesoru, tvorby průvodní dokumentace a popis použití přepočítávacích koeficientů.

V praktické části se řešilo porovnávání naměřeného strojního času s vypočteným strojním časem z CAM systémů. Z důvodu, že se ve společnosti ARMATURY group a.s. používají dva CAM systémy (pro soustružení Surfcam, pro frézování Solidcam), bylo rozhodnuto, že se měření a následné porovnání strojních časů provede pro oba dva systémy.

U soustružení se měření provedlo na stroji SKIQ 8 CNC a byly vybrány dvě součásti, které představují hlavní výrobní představitele na tomto stroji. Naměřené časy první součásti (přírubové víko tělesa) byly porovnány s časy vypočtenými ze systému Surfcam. Po analýze výsledků porovnání obou časů se zjistilo, že vypočtený čas ze systému Surfcam se v některých ohledech liší od toho naměřeného, proto byla navržena taková opatření, aby se vypočtený strojní čas co nejvíce přiblížil tomu skutečnému. Mezi tato opatření patří určení přepočítávacích koeficientů a změna času výměny nástroje. Tato opatření se pak aplikovala na výsledky 2. měřené součásti.

U frézování se měření provedlo na stroji TK 6511. Byla vybrána pouze jedna součást, která představuje hlavního představitele výroby na tomto stroji. Naměřené časy této součásti (těleso klapky) byly porovnány s časy vypočtenými ze systému Solidcam. Po analýze výsledků porovnání obou časů se zjistilo, že vypočtený čas ze systému Solidcam je velice přesný, proto se doporučila pouze změna času výměny nástroje.

Vyhodnocení přesnosti navrhovaných opatření se bude dále ověřovat pomocí monitorovacího systému stroje, jenž je popsán v kapitole 9.

Veškeré výsledky a navrhovaná opatření budou použita ve společnosti ARMATURY Group a.s. za účelem stanovení výrobních norem, plánování výroby a k použití výpočtu ceny daných výrobků.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SADÍLEK, M. *CAM SYSTÉMY V OBRÁBĚNÍ I. - II. doplněné vydání*. Ostrava: VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2010. 143 s. ISBN 978-80-248-2278-5
- [2] KURIC, I.; KOŠTURIÁK, J.; JANÁČ, A.; PETERKA, J.; MARCINČIN, J. *Počítačom podporované systémy v strojárstve*. Žilina: Žilinská univerzita, 2002. 351 s. ISBN 80-7100-948-2
- [3] VASKÝ, J. ; NEMLAHA, E. ; MASÁR, L. *CAD/CAM systémy*. Bratislava: Slovenská technická univerzita, 2003. 255 s. ISBN 80-227-1882-3
- [4] PETERKA, J.; JANÁČ, A. *CAD/CAM systémy*. Skripta STU Mtf Trnava, 1996
- [5] JANDEČKA, K.; ČESÁNEK, J.; KOŽMÍN, P. *PROGRAMOVÁNÍ NC STROJŮ*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2000. 159 s. ISBN 80-7082-692-4
- [6] delcam [online]. 2008 [cit.12.3.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.delcam.cz>>
- [7] semaco [online]. *Koeficient časů pro jednotlivé operace obrábění pro WorkNC*. Odborný článek. 2011 [cit.12.3.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.semaco.cz/>>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A – Technická dokumentace součásti přírubové víko tělesa.

Příloha B – Průvodní dokumentace přírubového víka tělesa vygenerovaná ze systému surfcam.

Příloha C – výpočty přepočítávacích koeficientů.

Příloha D – Technická dokumentace součásti přivařovací víko tělesa.

Příloha E – Průvodní dokumentace přivařovacího víka tělesa vygenerovaná ze systému surfcam.

Příloha F – Technická dokumentace součásti těleso klapky.

Příloha G – Průvodní dokumentace tělesa klapky vygenerovaná ze systému solidcam.

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Průběh vytvoření postprocesoru a jeho vazeb [1].....</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 2 Stroj SKIQ 8 CNC.....</i>	<i>19</i>
<i>Obr. 3 Přírubové víko tělesa</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 4 Obráběné plochy 1. měřené součásti soustružení.....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 5 Simulace obrábění 1. měřené součásti</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 6 Přivařovací víko tělesa</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 7 Obráběné plochy 2. měřené součásti soustružení.....</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 8 Simulace obrábění 2. měřené součásti</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 9 Dráhy nástrojů 2. měřené součásti</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 10 Stroj TK 6511[8].....</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 11 Těleso klapky.....</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 12 Těleso klapky, vyznačena malá a velká příruba</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 13 Obráběné plochy tělesa klapky</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 14 Simulace stroje v systému Solidcam</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 15 Frézování čela větší příruby</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 16 Přijímač DNC sítě umístěný na stroji</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 17 Sledování aktuální výroby všech strojů</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 18 Sledování aktuální výroby daného stroje.....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 19 Historie využití stroje v kruhovém grafu.....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 20 Historie využití stroje ve sloupcovém grafu.....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 21 Porovnání jednotlivých operátorů</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 22 Historie výroby stroje</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 23 Historie přerušení</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 24 Změna času výměny nástroje v systému Surfcam</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 25 Změna času výměny nástroje v systému Solidcam.....</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 26 Historie výroby seřízení součásti.....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 27 Historie přerušení vyráběné součásti</i>	<i>48</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 Příklad přepočítávacích koeficientů [7]</i>	18
<i>Tabulka 2 Parametry stroje SKIQ 8 CNC</i>	19
<i>Tabulka 3 Naměřené a vypočtené strojní časy 1. součásti u soustružení</i>	22
<i>Tabulka 4 Porovnání časů výměn nástrojů u 1. součásti soustružení</i>	23
<i>Tabulka 5 Celkový strojní čas 1. Součásti soustružení</i>	23
<i>Tabulka 6 Přepočítávací koeficienty</i>	25
<i>Tabulka 7 Naměřené a vypočtené strojní časy 2. součásti u soustružení</i>	29
<i>Tabulka 8 Vypočtené strojní časy po použití přepočítávacích koeficientů</i>	30
<i>Tabulka 9 Určení celkového průměrného koeficientu</i>	32
<i>Tabulka 10 Technické parametry stroje TK 6511</i>	33
<i>Tabulka 11 Naměřené a vypočtené strojní časy součásti frézování</i>	36
<i>Tabulka 12 Porovnání časů výměn nástrojů u součásti frézování</i>	37
<i>Tabulka 13 Celkový strojní čas součásti frézování</i>	37

SEZNAM GRAFŮ

<i>Graf 1 Oblast působení společnosti ARMATURY Group a.s.</i>	<i>10</i>
<i>Graf 2 Porovnání naměřených a vypočtených časů u 1. součásti soustružení</i>	<i>26</i>
<i>Graf 3 Srovnání přesnosti výpočtu strojního času jednotlivých návrhů zpřesnění.....</i>	<i>32</i>
<i>Graf 4 Porovnání naměřených a vypočtených časů u frézování.....</i>	<i>39</i>

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu práce doc. Ing. M. Sadílkovi, Ph.D. a mým konzultantům ze společnosti ARMATURY Group a.s. panu J. Bennovi, L. Vitáskovi a L. Gajovi, za odborné rady, které přispěly k vyšší kvalitě předkládané práce, a to jak po obsahové, tak i formální stránce.